VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ PRO POLYFUNKČNÍ DŮM

THE USE OF RENEWABLE RESOURCES IN AN APARTMENT BUILDING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR´S THESIS

AUTOR PRÁCE FILIP NĚMEC
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE ING. MARIAN FORMÁNEK, PH.D.
SUPERVISOR

BRNO 2016

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb
- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:
a) titulní list,
b) zadání VŠKP,
c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
f) poděkování (nepovinné),
g) obsah,
h) úvod,
i) vlastní text práce s touto osnovou:
A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran.
B. Výpočtová část,
♣ analýza objektu – koncepční řešení obnovitelných, zdrojů,
♣ výpočet tepelného výkonu s ohledem na typ budovy,
♣ koncepční návrh studie možných variant, obnovitelných zdrojů,
♣ detailní rozbor vybrané varianty,
♣ dimenzování vybraného systému obnovitelných zdrojů,
♣ schéma zapojení systému MaR obnovitelného zdroje,
C. Projekt – úroveň prováděcího projektu: půdorysy + legenda, 1:50 (1:100), schéma zapojení 1:50 (1:100), půdorys (1:25, 1: 20) a blokové schéma systému regulace, technická zpráva.
j) závěr,
k) seznam použitých zdrojů,
l) seznam použitých zkratek a symbolů,
m) seznam příloh,
n) přílohy – výkresy

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

....

Ing. Marian Formánek, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Práce se věnuje návrhu vytápění a přípravy teplé vody bytového domu. První část se zabývá obnovitelnými zdroji energie obecně. Náplní druhé části je pak samostatný návrh vytápění a přípravy teplé vody za využití konkrétního obnovitelného zdroje tepla – splitového tepelného čerpadla vzduch/voda.

PREFACE

The thesis proposes a heating and hot water in apartment building. The first part deals with renewable energy sources in general. The second part solves separate proposal for heating and hot water using the particular renewable source of heat - split heat pump air / water.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tepelné čerpadlo, zdroj tepla, vytápění, obnovitelný zdroj, otopné těleso, příprava teplé vody.

KEY WORDS

Heat pump, heat source, heating, renewable source, radiator, hot water production.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NĚMEC, Filip. *Využití obnovitelných zdrojů pro polyfunkční dům.* Brno, 2016. 84 s., 109 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marian Formánek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27.května 2016

………………………………………………………………………

podpis autora

Filip Němec

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 27.května 2016

………………………………………………………………………………

podpis autora
Filip Němec

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Marian Formánek, Ph.D. za odborné vedení a vstřícný přístup při zpracování bakalářské práce.

V Brně dne 27.května 2016

…………………………………………………………………………

podpis autora

Filip Němec

OBSAH

ÚVOD 11

1 TEORETICKÁ ČÁST 12

1.1 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE 13
1.1.1 BIOMASA 13
1.1.1.1 VÝHŘEVNOST BIOMASY 14
1.1.1.2 MOŽNOST VYUŽITÍ A PŘEHLED TECHNOLOGIÍ 14
1.1.2 TEPELNÁ ČERPADLA 15
1.1.2.1 PRINCIP TEPELNÉHO ČERPADLA 15
1.1.2.2 ROZDĚLENÍ TEPELNÝCH ČERPADEL 15
1.1.2.3 JEDNOTLIVÉ ZDROJE ENERGIE 16
1.1.2.4 JEDNOTLIVÉ PRVKY TEPELNÉHO ČERPADLA 18
1.1.2.5 TOPNÝ FAKTOR 18
1.1.2.6 PROVOZNÍ ZPŮSOBY 19
1.1.3 SLUNEČNÍ ENERGIE 19
1.1.3.1 TERMICKÉ SOLÁRNÍ SYSTÉMY (PANELY) 19
1.1.3.2 FOTOVOLTAICKÉ SOLÁRNÍ SYSTÉMY 20

2 VÝPOČTOVÁ ČÁST 22

2.1 ANALÝZA OBJEKTU 23
2.1.1 ARCHITEKTONICKÉ A STAVEBNÍ ŘEŠENÍ OBJEKTU 23
2.1.2 ENERGETICKÁ KONCEPCE OBJEKTU 24

2.2 VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU 24
2.2.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O STAVBĚ 24
2.2.2 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA - U 25
2.2.3 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT RUČNÍ METODOU 26
2.2.3.1 TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM 26
2.2.3.2 TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM 27
2.2.3.3 NÁVRHOVÝ TEPELNÝ VÝKON 30

2.3 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY 34

2.4 NÁVRCH OTOPNÝCH PLOCH 38

2.5 PŘÍPRAVA TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY 43

2.6 STUDIE NÁVRHU ZDROJE VYTÁPĚNÍ 45
2.6.1 AUTOMATICKÝ KOTEL NA PELETY 45
2.6.2 TEPELNÉ ČERPADLO VZDUCH-VODA 46
2.6.3 TEPELNÉ ČERPADLO ZEMĚ-VODA 46
2.6.4 ZVOLENÁ VARIANTA 48

2.7 NÁVRH ZDROJE TEPLA 48
2.7.1 URČENÍ BODU BIVALENCE 48
2.6.2 DIMENZOVÁNÍ PRIMÁRNÍHO OKRUHU 50

2.8 DIMENZOVÁNÍ A HYDRAULICKÉ POSOUZENÍ 51
2.8.1 TLAKOVÉ ZTRÁTY NA POTRUBÍ A STUPEŇ PŘEDNASTAVENÍ 51
2.8.2 REGULAČNÍ ŠROUBENÍ A TERMOSTATICKÉ VENTILY 55
2.8.3 TŘÍCESTNÍ SMĚŠOVACÍ VENTILY 56
2.8.4 FILTRY 58
2.8.5 MĚŘIČE TEPLA 59
2.8.6 ZPĚTNÉ KLAPKY 60
2.8.7 NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL 61
2.8.7.1 OHĚHOVÉ ČERPADLO PRO TOPNÝ OKRUH 1 62
2.8.7.2 OHĚHOVÉ ČERPADLO PRO TOPNÝ OKRUH 2 63
2.8.7.3 OHĚHOVÉ ČERPADLO PRO TOPNÝ OKRUH 3 64
2.8.8 TEPELNÁ IZOLACE POTRUBÍ 65
2.8.9 TEPELNÁ ROZTAŽNOST POTRUBÍ 66
2.9 NÁVRH ZAŘÍZENÍ TECHNICKÉ MÍSTNOSTI 67
2.9.1 ROZDĚLOVAČ SE ZBĚRAČEM 67
2.9.2 AKUMULAČNÍ NÁDRŽ 68
2.9.3 EXPANZNÍ NÁDOBA 69
3 PROJEKT 71
3.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA 72
3.1.1 ÚVOD 72
3.1.2 PODKLADY 72
3.1.3 TEPELNÉ ZTRÁTY A POTŘEBA TEPLA 72
3.1.4 ZDROJ TEPLA 73
3.1.5 VYTÁPĚNÍ 73
3.1.6 POŽADAVKY NA OSTATNÍ PROFESE 74
3.1.7 MONTÁŽ A UVEDENÍ DO PROVOZU 75
3.1.8 OCHRANA ZDRAVÍ A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ 75
3.1.9 BEZPEČNOST A POŽÁRNÍ OCHRANA 76
3.1.10 TECHNICKÉ NORMY 76
4 ZÁVĚR 77
5 POUŽITÉ ZDROJE 78
6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ 81
7 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK 82
PŘÍLOHY 84

ÚVOD

Cílem mé závěrečné práce je seznámit se s problematikou obnovitelných zdrojů energie a jejího využítí. Práci jsem rozdělil do 3 částí.

První část je teoretická a zabývá se obnovitelnými zdroji tepla. Konkrétně řeší možnosti využití energie z biomasy, energie ze slunce a tepelných čerpadel.

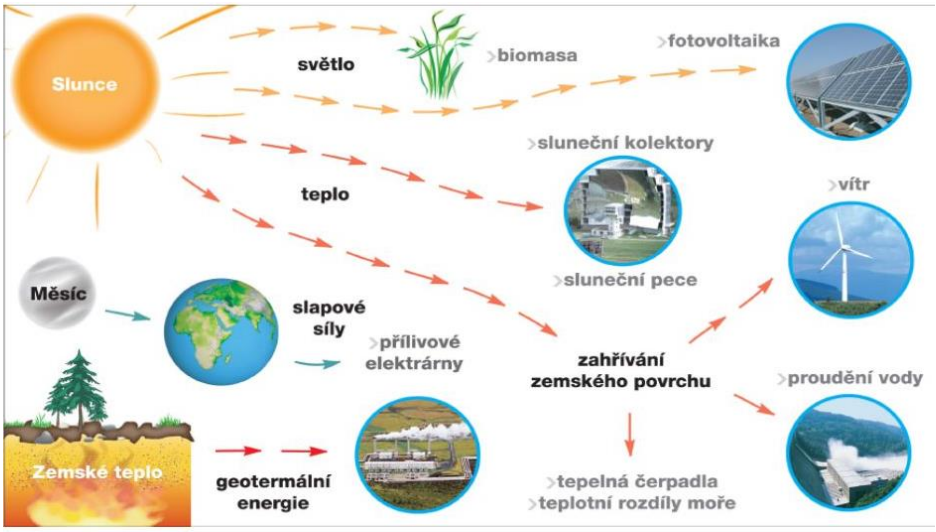
Druhou část práce tvoří samostatný návrh otopné soustavy a přípravu teplé vody. Zahrnuje výpočet součinitelů prostupů tepla, tepelných ztát jednotlivých místností, návrh otopných těles a všech dílčích prvků. V rámci studie možných variant obnovitelných zdrojů jsou navrženy tři varianty zdroje tepla a následně zvolena jedna pro další zpracování.

Třetí část pak obsahuje technickou zprávu a výkresovou dokumentaci.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE

Obnovitelné zdroje energie jsou přírodní energetické zdroje, které mají schopnosti částečně nebo úplné obnovy. Patří mezi ně především sluneční, větrná a vodní energie a biomasa. V některých částech světa lze využít také energii mořského přílivu nebo geotermální energii (energie pocházející z nitra Země). V našich podmínkách má největší potenciál biomasa. (1)



Obrázek 1.1.1 Obnovitelné zdroje energie

1.1.1 BIOMASA

Definice biomasy dle evropské směrnice:

„biomasou" se rozumí biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), lesnictví a souvisejících průmyslových odvětví, a rovněž biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu.

Biomasu můžeme rozlišit podle obsahu vody:

Suchá – zejména dřevo a dřevní odpady, ale také sláma a další odpady. Lze ji spalovat přímo.

Mokrá – zejména tekuté odpady – kejda a další odpady. Nelze ji spalovat přímo, využívá se zejména v bioplynových technologiích.

Speciální biomasa – olejniny, škrobové a cukernaté plodiny. Využívají se ve speciálních technologiích k získání energetických látek – zejména bionafty nebo lihu. (2)

1.1.1.1 Výhřevnost biomasy

Výhřevnost dřeva a dalších rostlinných paliv kolísá nejen podle druhu dřeva či rostliny, ale navíc i s vlhkostí, na kterou jsou tato paliva citlivější. Dřevní hmota při přirozeném provětrávání pod střechou sníží svůj obsah vody na 20% za jeden rok, řepková sláma za stejných podmínek na 13%.

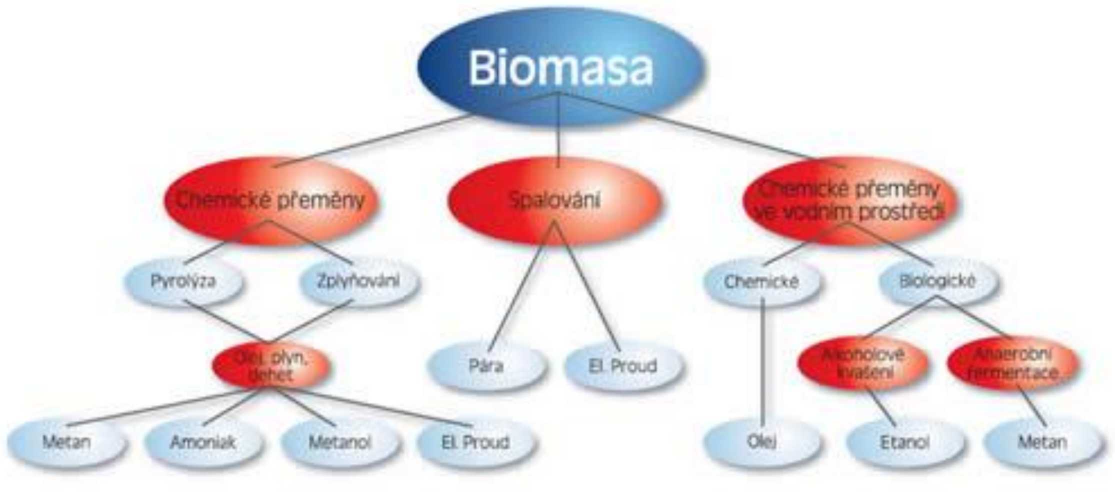
Obsah energie v 1 kg dřeva s nulovým obsahem vody je asi 5,2 kWh. V praxi však nelze dřevo vysušit úplně, zbytkový obsah vody je asi 20 % hmotnosti suchého dřeva. Protože se při spalovacím procesu část energie spotřebuje na vypaření této vody, je nutné počítat s energetickým obsahem 4,3 až 4,5 kWh na 1 kg dřeva. (3)

1.1.1.2 Možnosti využití a přehled technologií

Z energetického hlediska lze energii z biomasy získávat téměř výhradně termo-chemickou přeměnou, tedy spalováním. Výhřevnost je dána množstvím tzv. hořlaviny (organická část bez vody a popelovin, směs hořlavých uhlovodíků). (3)

<u>Základní technologie zpracování a přípravy pro spalování:</u>

- Termo-chemická přeměna – pyrolýza (produkce plynu, oleje), zplynování
- Bio-chemická – fermentace, alkoholové kvašení (produkce etanolu), anaerobní vyhřívání, metanové kvašení (produkce bioplynu)
- Mechanicko-chemická přeměna – lisování olejů (produkce kapalných paliv, oleje), esterifikace surových bio-olejů (výroba bionafty a přírodních maziv) (3)



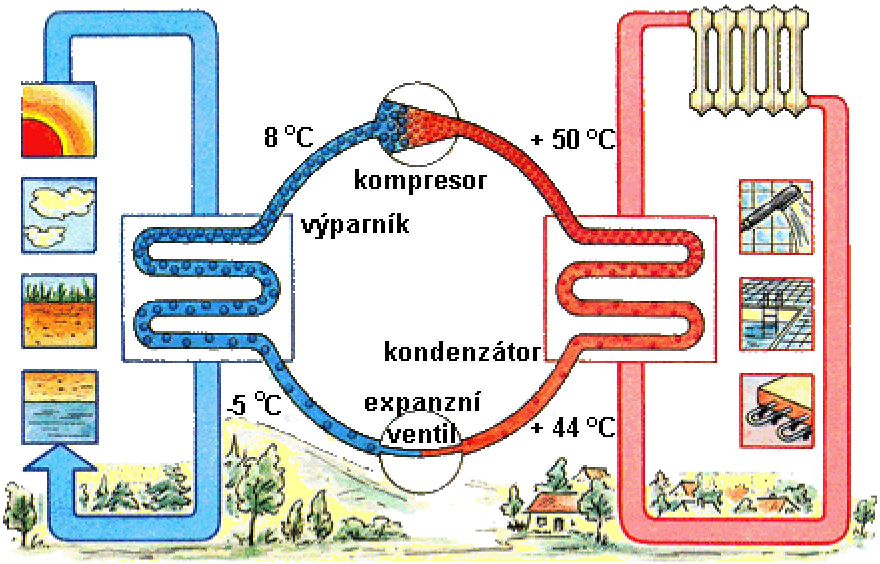
Obrázek 1.1.1.2 Možnosti využití biomasy

1.1.2 Tepelná čerpadla

1.1.2.1 Princip tepelného čerpadla

Tepelná čerpadla získávají přibližně 70 % energie z okolí a pouze cca 30 % energie spotřebují na přeměnu nízkopotencionálního tepla na teplo přímo využitelné. Zjednodušeně tedy platí: aby tepelné čerpadlo vyrobilo 100 % tepelné energie, spotřebuje pouze 30 % elektrické energie.

V okolním prostředí (vzduch, voda, země) je obsaženo velké množství tepla. Toto teplo ale nelze vzhledem k nízké teplotní hladině přímo využít pro vytápění nebo ohřev teplé vody. Pokud chceme teplo z okolního prostředí využít, musíme ho převést na vyšší teplotu. K tomu nám poslouží tepelné čerpadlo, a to za použití chladiva – látky, jejíž nejdůležitější vlastnosti je nízký bod varu. Ten musí být nižší než teplota okolního prostředí, ze kterého je teplo čerpáno. (4)



Obrázek 1.1.2.1 Princip tepelného čerpadla

1.1.2.2 Rozdělení tepelných čerpadel

- Podle nositele nízkopotenciáolového tepla:
    - Vzduch-voda
        - Výhoda: nízké pořizovací náklady, umístění téměř kdekoliv

          Jednoduchá instalace, univerzálnost
        - Nevýhoda: velký rozdíl výkonu v létě a v zimě, hlučnost
    - Voda-voda
        - Výhoda: vysoká účinnost, vyrovnaný výkon v průběhu roku
        - Nevýhoda: omezený počet zdrojů vody v přírodě

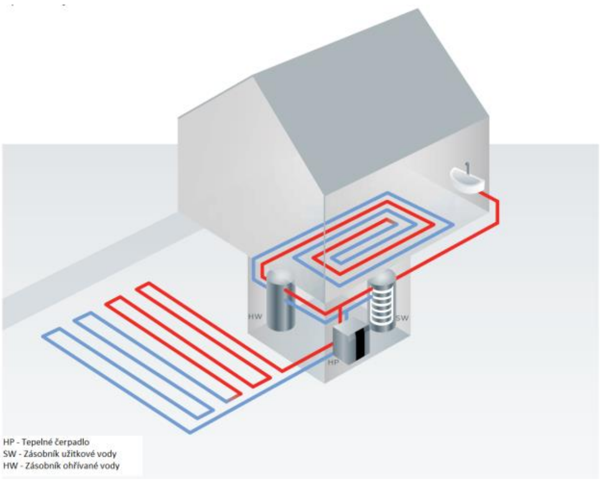
- Země-voda (horizontální výměník nebo se svislým zemním vrtem)
    - Výhody: nejstabilnější topný faktor, velmi tichý chod
    - Nevýhody: Vyšší investiční náklady na TČ a v případě svislého výměníku také na vrt. (5) (9)

- Podle TČ možné dělit dle druhu hnací energie:
    - Elektrická tepelná čerpadla – pro pohon kompresoru je použit elektrický motor. Většina dnes používaných TČ.
    - Plynová tepelná čerpadla – pro pohon kompresoru je použit spalovací motor. Výhodou tohoto typu je možnost využití tepla z chladícího okruhu, které může být využito pro předehřev teplé vody nebo při nízkých venkovních teplotách ke zvýšení teploty výparníku.
    - Absorpční tepelná čerpadla – jsou založena na absorpčním cyklu, ve kterém je hnací energie dodávána ve formě tepla. (5)

1.1.2.3 Jednotlivé zdroje energie

Zemní plošný kolektor

Teplo obsažené v půdě se využívá nepřímo, získává se pomocí výměníků tepla (kolektoru) a přenáší se cirkulačním okruhem do výparníku tepelného čerpadla pomocí teplonosné nemrznoucí kapaliny. Oběh teplonosné látky zajištuje oběhové čerpadlo, teplonosná kapalina se ve výparníku ochlazuje a v zemním kolektoru se znovu ohřívá. Výměník je obvykle zhotoven z plastových trubek, které jsou umístěné jako plošný kolektor, který je uložen v hloubce 1,5 metru v přibližně metrové rozteči nebo jako spirály. (6) (7) (10)



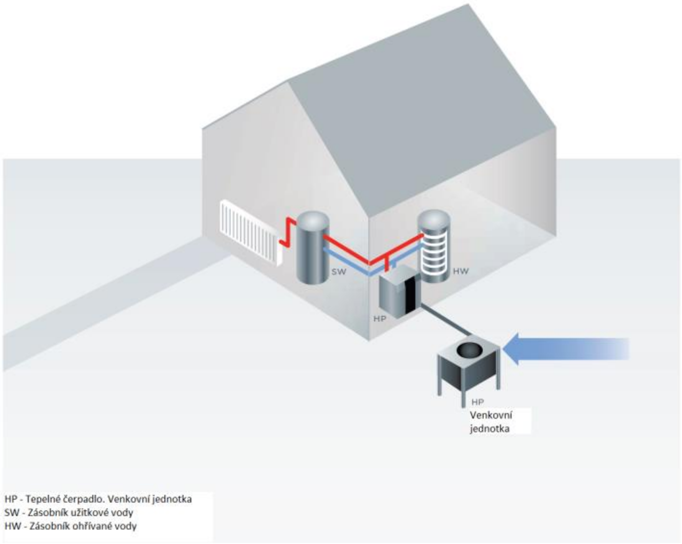
Obrázek 1.1.2.3 Zemní plošný kolektor

Hlubinný svislý kolektor

Jestliže je dostupná plocha na zabudování plošného podzemního kolektoru nedostatečná, můžeme použít svislý výměník tepla/vrt, který umožnuje využití geotermální energie. Přibližnou potřebnou hloubku vrtu vypočítáme následovně: vytápěcí výkon tepelného čerpadla (kW) x 14 = hloubka vrtu (m). Hlavní výhodou je stálá teplota po celý rok, naopak nevýhodou jsou pořizovací náklady. (6) (7)

Venkovní vzduch

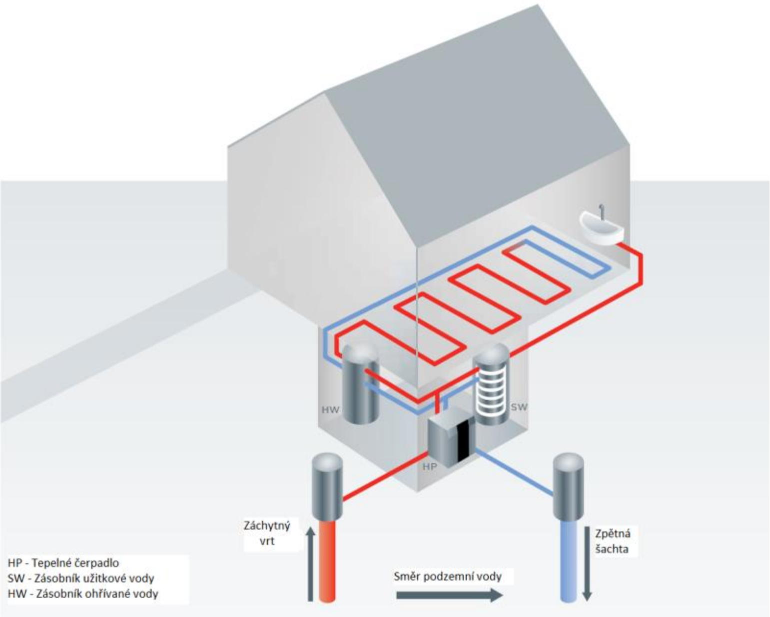
Tepelná čerpadla systému vzduch – voda využívají teplo uložené ve vzduchu v okolním prostředí. Dokáží fungovat i při nízkých teplotách pod -20 °C. Protože se teplota ze vzduchu získává snadno, je také instalace externího zařízení jasná, jednoduchá a rychlá. Tichý osový ventilátor čerpá velké množství vzduchu přes výparník, který je nainstalovaný venku, oddělený od agregátu tepelného čerpadla. (6) (7) (11)



Obrázek 1.1.2.3 Tepelné čerpadlo Vzduch-voda

Voda

Tepelná čerpadla voda-voda patří mezi nejúčinnější vytápěcí systémy. Teplota podzemní vody je velmi spolehlivý a nepřetržitý zdroj energie, protože její teplota se pohybuje mezi 7 °C a 13 °C. Při instalaci čerpadla GORENJE AQUAGOR se vyžaduje instalace dvou studní: primární studna na čerpání vody a vsakovací studna pro návrat vody do země. Vzdálenost mezi studnami kolem 15 metrů. Při použití tepelného čerpadla využívající vody ze studny je nutné zajistit kontrolu složení vody, kde hrozí riziko zanášení výměníku. Nevýhodou zde bývá samotné čerpadlo, které spotřebovává hodně energie. (6) (7) (12)



Obrázek 1.1.2.3 Tepelné čerpadlo Voda-voda

1.1.2.4 Jednotlivé prvky tepelného čerpadla

Kompresor

V současné době je nejpoužívanějším kompresorem tzv. SCROLL, který nahradil dřívěji používaný pístový kompresor. Na rozdíl od pístového kompresoru, který má mnoho pohyblivých částí, scoll kompresor má jeden sroll (neboli spirálu), obíhající po dráze. Funguje na principu dvou spirál pevné a pohyblivé. Kdy prostor mezi nimi je vyplněn chladivem.

Expanzní ventil

Pomocí něj vstřikujeme kapalné chladivo do výparníku, aby zde dostal opět energii při nižším tlaku

Výparník

Přivádí nízkopotenciální teplo a to způsobuje vypařování chladiva. To se stává nositelem energie. Dále putuje do kompresoru. (8)

1.1.2.5 Topný faktor tepelného čerpadla

Základním parametrem tepelných čerpadel je topný faktor (COP – Coefficient of Performance). Toto bezrozměrné číslo vypovídá o účinnosti tepelného čerpadla. Jedná se o teoretický poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektrickou energií. (13)

$$\text{COP} = \frac{Qk}{A} \ (-)$$

- Q (kW) – celkový tepelný výkon získaný na kondenzátoru čerpadla
- A (kW) – elektrický příkon kompresoru potřebný pro provoz čerpadla

Čím je vyšší topný faktor, tím je provoz tepelného čerpadla účinnější. Provoz tepelného čerpadla (systém vzduch-voda) je nejlevnější při vysokých teplotách venkovního vzduchu. Tohoto provozu nejvíce využijeme v letních měsících pro ohřev teplé vody. Běžně se topný faktor pohybuje v rozmezí od 2,5 do 5. Průměrný topný faktor s energetickým systémem vzduch-voda se pohybuje okolo hodnoty 3. V praxi platí, že čím je vyšší topný faktor, tím je vyšší i účinnost tepelného čerpadla. (6) (13)

1.1.2.6 Provozní způsoby

Monovalentní provoz

Provoz bez bivalentního/záložního zdroje, je nutné výkon tepelného čerpadla zvolit takový, aby při výpočtové teplotě pokryl plně tepelnou ztrátu. (6)

Bivalentní provoz

Tepelná čerpadla dimenzována na plnou tepelnou ztrátu však vychází poměrně draho a jejich plný výkon je využíván velmi zřídka. V tomto případě se volí kombinace tepelného čerpadla a bivalentního zdroje. Toto spojení umožnuje do určité venkovní teploty využívat pouze tepelné čerpadlo a v případech, kdy je výkon čerpadla nedostačující, připojit bivalentní zdroj, který dodá chybějící tepelnou energii. (6)

1.1.3 SLUNEČNÍ ENERGIE

1.1.3.1 Termické solární kolektory (panely)

Tyto kolektory a panely slouží k výrobě tepelné energie. Běžně se používají k ohřevu vody v bazénech, k přípravě teplé užitkové vody a k vytápění. Základním prvkem každého kolektoru je absordér – deska resp. Trubice, která se nachází uvnitř kolektoru. Právě na povrchu absordéru se sluneční záření přeměňuje na tepelnou energii. (14)

Bazénové solární kolektory

Patří mezi nejjednodušším typem slunečních kolektorů, neboť nároky na jeho použití jsou zpravidla nejnižší. Kolektor je tvořen pouze absordérem černé barvy (černá nejlépe pohlcuje světlo), bez skříně chránící teplo a bez skleněné desky. (14)

Ploché solární kolektory

Sluneční záření je zachyceno nejprve absordérem, kde se přímo transformuje na tepelnou energii. Tato energie je posléze pomocí teplonosné kapaliny odvedena do výměníku, kde je teplo využito k přípravě teplé užitkové vody nebo pro vytápění. Teplonosnou kapalinou je obvykle voda s příměsí ekologicky nezávadné nemrznoucí kapaliny (sloučeniny glykolu). Zkušenosti ukazují, že pomocí těchto kolektoru lze v podmínkách ČR ušetřit až 75% ročních nákladů na ohřev teplé vody. Výhodou kolektorů je nízká pořizovací cena, nevýhodou pak nízká účinnost. (14)

Vakuové solární kolektory

V porovnání s kapalinovým kolektorem je vakuový kolektor výkonnější, obvzlášť když je rozdíl teploty vzduchu a kolektoru výrazný (v zimě)., nebo při menším záření. Solární kolektory prostřednictvím vakuové trubice zachycují sluneční záření a přeměňují jej na tepelnou energii. Vlivem působení této energie dochází k výparu teplonosné kapaliny, ta přechází jako pára do kondenzátoru, kde předá teplo topné vodě. Poté se ochladí, zkapalní a vrací se zpět do kolektoru. Výhodou je vysoká účinnost, naopak nevýhodou je vyšší pořizovací cena.

Energetické zisky

Kapalinové kolektory bez selektivního povrstvení 250 – 400 kWh/m^2 za rok

Kapalinové kolektory se selektivním povrstvením 320 – 530 kWh/m^2 za rok

Vakuové trubicové kolektory 400 – 890 kWh/m^2 za rok (14)

1.1.3.2 Fotovoltaické solární kolektory (panely)

Základním prvkem každého panelu jsou solární (nebo také fotovoltaické) články. Jedná se o plochou polovodičovou součástku, na které při dopadu slunečního záření dochází k uvolňování elektronů, což produkuje napětí 0,6 – 0,7 V. V polovodiči tedy vznikají volné elektrické náboje, které jsou již jako elektrická energie odváděny ze solárního článku přes regulátor do akumulátoru, ke spotřebiči. (14)

Ostrovní fotovoltaický solární systém

Tento systém je výhodný v oblastech, kde připojení k rozvodné síti není možné, nebo kde by zavedení kabelu bylo finančně náročné (chatové oblasti, lodě …). Nevýhodou je nutnost zapojení baterie, která uchovává vyrobenou energii na dobu, kdy není dostatečné množství sluneční energie. (14)

Solární systémy zapojené do sítě

Oproti ostrovním mají sluneční systémy zapojené do veřejné sítě tu výhodu, že v době, kdy vyrábí fotovoltaický systém přebytek energie, může ji dodávat do sítě. Naopak v době nedostatku vlastního výkonu lze energii odebírat z rozvodné sítě.

Dle typu solárních článků lze fotovoltaické panely a kolektory rozdělit na:

Monokrystalické – skládají se z jediného krystalu

Polykrystalické kolektory – z mnoha různě orientovaných krystalů

Amorfní kolektory – základem amorfní křemíková vrstva (14)

2 VÝPOČTOVÁ ČÁST

2.1 ANALÝZA OBJEKTU

Polyfunkční dům se nachází na okraji města Brna. Jedná se o novostavbu čtyřpodlažního objektu s podzemní garáží a se sedlovou střechou. Objekt má v přízemí kadeřnictví a zázemí pro 4 samostatné kanceláře. V dalších nadzemních podlaží jsou umístěny byty (3+kk a 2+kk).

2.1.1 Architektonické a stavební řešení objektu

Půdorys polyfunkčního domu tvaru několika propojených čtverců. V přízemí se nachází kadeřnictví, hygienické zázemí, 2 kanceláře přístupné ze společné haly a 2 kanceláře přístupné přes pavlač. Ve druhém a třetím nadzemním podlaží se nachází 5 bytů 2+kk a jeden byt 1+kk. Poslední podlaží tvoří podkroví a funguje jako mezonet. Velký důraz je zde kladen na velké prosklené plochy pro zajištění dostatečného proslunění.

Obrázek 2.1.1 Půdorys objektu

Objekt je zděný (konstrukční systém VELOX) Obvodové stěny ve styku se zeminou jsou z vnějších stran opatřeny tepelnou izolací EPS o tloušťce 100mm, střecha je sedlová – krov dřevěný, stropy v suterénu žb monolitická deska – v 1.NP strop Porotherm z nosníků a vložek Miako. Schodiště žb monolitické. Vnitřní nenosné stěny jsou z cihelných bloků Porotherm o tloušťce 80 mm a 150 mm, které mají vápenocementovou omítku bílé barvy od firmy Porotherm. Okna jsou plastová s trojskly.

2.1.2 Energetické koncepce objektu

V polyfunkčním domě bude navržen otopný systém jako teplovodní, dvoutrubkový s nuceným oběhem vody a jako zdroj tepla pro vytápění i ohřev teplé vody bude použit obnovitelný zdroj energie. Rozhodl jsem se pro kombinaci deskových těles a konvektorů, které budou pracovat ve spádu 45/35 °C

Obrázek 2.1.2 Pohled na jiho-východní stranu objektu

2.2 VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU

2.2.1 Základní údaje o budově

- Návrhová (výpočtová) venkovní teplota: **-12 °C**
- Průměrná roční teplota venkovního vzduchu Te,m: **8,6 °C**
- Průměrná vnitřní teplota v objektu Ti,m: **20,5 °C**
- Půdorysná plocha objektu A: **385 m^2**
- Obvod objektu P: **119,40 m**
- Obestavěný prostor vytápěných částí budovy V: **2 189,6 m^3**

2.2.2 Součinitel prostupu tepla U

Součinitel prostupu tepla U charakterizuje celkovou výměnu tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředními vzájemně oddělenými stavebními konstrukcemi.

Použité vzorce:

Součinitel prostupu tepla

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{SI}+R+R_{SE}} \quad [W/m^2\,K]$$

R_T odpor konstrukce při prostupu tepla) $[m^2\,K/W]$

R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $[m^2\,K/W]$

R tepelný odpor konstrukce $[m^2\,K/W]$

R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $[m^2\,K/W]$

Tepelný odpor konstrukce

$$R = \Sigma \frac{d}{\lambda} \quad [m^2\,K/W]$$

d tloušťka vrstvy v konstrukci [m]

λ součinitel tepelné vodivosti daného materiálu [W/m K]

Podmínka

$$U \le U_N \; [W/m^2\,K]$$

U vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla $[W/m^2\,K]$

U_N požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla dle ČSN 730540-2

2.2.3 Výpočet tepelných ztrát

2.2.3.1 Tepelné ztráty prostupem

Použité vzorce

$$Q_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W]$$

$H_{T,ie}$ měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí [W/K]

$H_{T,iue}$ měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného do nevytápěného prostoru

$H_{T,ig}$ měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do zeminy [W/K]

$H_{T,ij}$ měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na rozdílné teploty [W/K]

$\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]

θ_e výpočtová venkovní teplota [°C]

Měrná tepelná ztráta prostupem do venkovního prostředí $H_{T,ig}$ zahrnuje všechny stavební části, které oddělují vytápěný prostor od exteriéru, jako jsou stěny, podlaha, strop, dveře a okna.

$$H_{T,ig} = A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k \quad [W/K]$$

$$U_{kc} = U_k + \Delta U \quad [W/m^2 K]$$

Ak plocha stavební části [m^2]

U_{kc} součinitel prostupu tepla stavební části zahrnující tepelné mosty [W/m^2K]

e_k korekční činitel zahrnující exponování klimatické podmínky [-]

Měrná tepelná ztráta prostupem z vytápěného prostoru do nevytápěného $H_{T,iue}$ se vypočítá:

$$H_{T,iue} = A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u \quad [W/K]$$

$$U_{kc} = U_k + \Delta U \quad [W/m^2 K]$$

b_u teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty.

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do zeminy $H_{T,ij}$ se vypočítá:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (A_k \cdot U_{enquiv,k}) \cdot G_w \text{ [W/K]}$$

f_{g1} korekční činitel zohledující vliv ročních změn venkovní teploty [-]

f_{g2} teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou [-]

$U_{enquiv,k}$ Ekvivalentní součinitel prostupu tepla [W/m^2 K]

G_w korekční činitel zohledňující vliv spodní vody [-]

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na jinou teplotu $H_{T,ij}$ se spočítá:

$$H_{T,ij} = f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k \text{ [W/K]}$$

$f_{i,j}$ redukční teplotní činitel [-]

A_k plocha stavební části [-]

U_k součinitel prostupu tepla stavební části [W/m^2 K]

2.2.3.2 Tepelné ztráty větráním

Návrhová tepelná ztráta větráním Qv,i pro vytápěný prostor (i) se vypočítá:

$$Q_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]}$$

$$H_{v,i} = V_i \cdot \rho \cdot c \text{ [W/K]}$$

$$V_i = \max (V_{inf,i} ; V_{min,i}) \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$H_{v,i}$ měrná tepelná ztráta větráním [W/K]

$\theta_{int,i}$ výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]

θ_e výpočtová venkovní teplota [°C]

V_i objem místnosti [m^3]

ρ hustota vzduchu $\theta_{int,i}$ [kg/m^3]

C měrná tepelná kapacita vzduchu $\theta_{int,i}$ [kJ/kg K]

$V_{inf,i}$ množství vzduchu infiltrací obvodovým pláštěm budovy [m^3/h]

$V_{min,i}$ hygienické množství vzduchu [m^3/h]

n_{50} intenzita výměny vzduchu na hodinu při rozdílů tlaku 50 Pa [h^{-1}]

e_i stínící součinitel [-]

ε_i výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu

n_{min} minimální intenzita výměny venkovního vzduchu [h^{-1}]

Ukázka výpočtu tepelné ztráty prostupem a větráním pro místnost č. 101+102. Ostatní místnosti jsou uvedeny v příloze.

Tabulka 2.2.3.2 Tepelná ztráta pro místnost č. 101 a 102

ozn. Místnosti	název místnosti	výpočtová vnitřní teplota θint,i [°C]
101+102	Schodištový prostor + hala	15

Výpočet tepelné ztráty prostupem pro místnost č.101+102

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	Ak	Uk	ΔU	Ukc	ek	Ak.Ukc.ek
SO1	STĚNA OBV.	1,36	0,26	0,02	0,28	1	0,3808
OZ01	PROSKLENÁ STĚNA	7,82	0,7	0	0,7	1	5,474
DO01	DVEŘE NA PAVLAČ	2,07	0,7	0	0,7	1	1,449
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí HT,ie = Σk Ak.Ukc.ek (W/K)							7,3038

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	Ak	Uk	ΔU	Ukc	bu	Ak.Ukc.bu
PDL03	Strop nad suterénem	26,64	0,46	0,02	0,48	0,5556	7,104
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor HT,iue = Σk Ak.Ukc.bu (W/K)							7,104

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	Ak	Uk	fij	Ak.Uk.fij
SN01	STĚNA DO KADEŘNICTVÍ a KANCELÁŘÍ	34,45	1,03	-0,1563	-5,544296875
SN01	STĚNA NA WC	4,39	1,03	-0,1563	-0,706515625
DO01	DVEŘE DO KADEŘNICTVÍ A KANC.	5,45	2,1	-0,1563	-1,78828125
DO01	DVEŘE NA WC	1,82	2,1	-0,1563	-0,5971875
Celk. měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl.tepl. HT,ij = Σk Ak.Uk.fij (W/K)					-8,63628125

Tepelné ztráty zeminou								
Č.k.	Popis	Ak	Uequiv,k	Ak. Uequiv,k	fg1	fg2	Gw	fg1. fg2.Gw
			(Σk Ak.Uequiv,k)	0				
Celková měrná tepelná ztráta zeminou HT,ig= (Σk Ak.Uequiv,k). fg1. fg2.Gw (W/K)							0	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem HT,i = HT,ie + HT,iue+ HT,ij+ HT,ig					5,77151875
	θint,	θe	$\theta_{int,i}$ - θ_e	HT,i	Návrhová ztráta prostupem ΦT,i (W)
	15	-12	27	5,77151875	155,8310063

Objem místnosti(m3)	Výp. ven. tepl. Θe	Výp. vni. tepl. Θint	Hyg.požadavky n (1/h)	Hyg.požadavky Vmin (m3/h)
71,93	-12	15	0,5	35,965
počet nechr. Otvorů	n50	Činitel zaclonění e	Výškový kor. Souč. ε	množství vzduchu infiltrací V_{inf}
1	4,5	0,02	1	12,9474
Výpočet tepelné ztráty větráním				
max z V_{min} a V_{inf}	H_{vi}	$\theta_{int,i}$ - θ_e	Návrhová ztráta větráním Φv,i (W)	
35,965	12,2281	27	330,1587	

2.2.3.3 Návrhový tepelný výkon

$W_{HL,I} = Q_{T,i} + Q_{V,i}$

$Q_{T,i}$ Tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru [W]

$Q_{V,i}$ Tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

Tabulka 2.2.3.1 Tepelné ztráty pro 1.NP

ozn.	Název Místnosti	Návrhová tepelná ztráta prostupem ΦT,i (W)	Návrhová tepelná ztráta větráním ΦV,i (W)	Návrhová tepelná ztáta ΦHL;i (W)
Výpočet návrhové tepelné ztráty pro 1. NP				
101+102	Schodiště + hala	155,831	330,159	485,99
105	Kadeřnictví	1256,819	802,563	2059,382
106	Kancelář č.2	1078,975	1486,426	2565,401
107	Kancelář č.1	1015,09	1486,426	2501,516
109	Kancelář č.3	1433,613	2006,707	3440,32
110	Kancelář č.4	974,16	1171,558	2145,718
111	Předsín na WC	110,971	132,682	243,653
112	Umývárna - MUŽI	140,659	245,942	386,601
113	WC MUŽi - pisoáry	95,174	359,203	454,377
114	WC MUŽi - kabinky	105,37	117,177	222,547
116+120	kabinka-MUŽI,ŽENY	117,158	126,97	244,128
115+121	kabinka-MUŽI,ŽENY	27,648	126,97	154,618
118	Umývárna - ŽENY	84,682	231,744	316,426
119	Umývárna - ŽENY	101,645	255,571	357,216
117	Uklidová místnost	20,832	31,878	52,71
		6718,627	8911,976	15630,603

Tabulka 2.2.3.2 Tepelné ztráty pro 2.NP

Výpočet návrhové tepelné ztráty pro 2. NP				
201+202	Schodiště+hala	-79,158	330,159	251,001
205+212	Předsín, chodba	15,192	176,8	191,992
206+207	Kuchyt+jídelna	268,29	327,542	595,832
208+215	WC kabinka	96,028	152,754	248,782
209	Koupelna	104,427	253,735	358,162
210	ložnice	207,732	201,062	408,794
213+214	Jídelna+Kuchyn	279,872	327,542	607,414
216	Koupelna	104,427	253,735	358,162
217	ložnice	196,711	201,062	397,773
219	Předsín, chodba	-12,371	103,251	90,88
220	Koupelna	272,816	289,537	562,353
221	ložnice	266,75	179,792	446,542
223+223	Kuchyn+obývací p.	386,551	405,389	791,94
226	Předsín	44,67	54,182	98,852
227	Koupelna	118,725	263,282	382,007
228+229	Kuchyn+obývací p.	332,73	290,55	623,28
230	ložnice	51,019	176,691	227,71
232	Předsín	29	75,181	104,181
233	Koupelna	248,654	308,815	557,469
234	ložnice	53,302	176,528	229,83
235+236	Kuchyn+obývací p.	395,226	367,635	762,861
238	Předsín	58,146	46,131	104,277
239	Koupelna	158,527	265,302	423,829
240	Jídelní k.+obývací p.	542,88	446,95	989,83
		4140,146	5673,607	9813,753

Tabulka 2.2.3.3 Tepelné ztráty pro 3.NP

Výpočet návrhové tepelné ztráty pro 3. NP				
301+302	Schodiště+hala	-79,158	330,159	251,001
305+312	Chodba, Předsín	15,192	176,8	191,992
306+307	Kuchyn+Jídelní kout	268,29	327,542	595,832
308+315	WC-kabinka	96,028	152,756	248,784
309	Koupelna	104,427	253,735	358,162
310	Ložnice	207,732	201,062	408,794
311+314	Jídelna+kuchyn	266,789	327,542	594,331
316	Koupelna	104,427	253,735	358,162
317	Ložnice	196,711	201,062	397,773
319	Předsín	-12,371	103,251	90,88
320	Koupelna	267,59	289,537	557,127
321	Ložnice	251,129	179,792	430,921
322+323	Kuchyně+Obývací p.	386,551	405,389	791,94
326	Předsín	49,049	46,73	95,779
327	Koupelna	275	298,35	573,35
328+329	Kuchyně+Obývací p.	405,531	481,766	887,297
336	Předsín	57,764	38,352	96,116
337	Koupelna + WC	243,785	295,945	539,73
338	Jídelna+Obývací p.	784,947	408,326	1193,273
340	Předsín	127,621	46,131	173,752
341	Koupelna	220,08	86,292	306,372
342	Kuchyně+Obývací p.	812,912	447,549	1260,461
		5050,026	5351,803	10401,829

Tabulka 2.2.3.4 Tepelné ztráty pro 4.NP

Výpočet návrhové tepelné ztráty pro 4. NP				
332	Chodba	13,248	17,626	30,874
333	pokoj	510,211	296,698	806,909
334	Ložnice	486,394	272,054	758,448
401+402	Schodiště	353,366	285,654	639,02
403	Technolog. Místnost	89,645	97,05	186,695
404	Předsín	202,382	158,467	360,849
405	Koupelna	340,697	417,323	758,02
406+407	Obývací pokoj + KK	908,194	741,744	1649,938
408	Ložnice	460,214	314,867	775,081
410	Předsín	20,119	66,64	86,759
411	Koupelna	516,796	205,02	721,816
412	Obývací pokoj + KK	560,259	481,875	1042,134
		4461,525	3355,018	7816,543

Tabulka 2.2.3.5 Celkové Tepelné ztráty

Měrná tepelná ztráta prostupem - štítek	**18 532,48**
Měrná tepelná ztráta prostupem - ruční výpočet	**20 370,32**

2.3 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

Tabulka 2.3.1 Hlavička energetického štítku (zpracovaný podle ČSN 73 0540-2/2011)

Druh stavby Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ) Katastrální území a katastrální číslo Provozovatel, popř. budoucí provozovatel	Novostavba Polyfunkčního domu Brno k.ú. Brno Pavel Štaud
Vlastník nebo společenství vlastníků, popř. stavebník Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ) Telefon / E-mail	Pavel Štaud Zlatá voda 14 56992 Brno

Objem budovy ***V*** - vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy Celková plocha ***A*** - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy Geometrická charakteristika budovy ***A*** / ***V***	2 189,6 m^3 385,0 m^2 0,176 m^2/m^3
Převažující vnitřní teplota v otopném období Θ_{im} Vnější návrhová teplota v zimním období Θ_e	20 °C -12,0 °C

Tabulka 2.3.2 Jednotlivé parametry budovy a výsledná hodnota štítku

	Referenční budova (stanovení požadavku)				Hodnocená budova			
Konstrukce	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Redukční činitel	Měrná ztráta prostupem tepla	Plocha	Součinitel prostupu tepla	Redukční činitel	Měrná ztráta prostupem tepla
	A	U	b	H_T	A	U	b	H_T
	[m^2]	[W/(m^2.K)]	[-]		[m^2]	[W/(m^2.K)]	[-]	
SO1 – stěna vnější	1258,5	0,30	1,00	377,55	1258,5	0,26	1,00	327,2
Výplně otvorů	265,7	1,50	1,00	398,6	265,7	0,70	1,00	186,0
Po odečtení výplní otvorů	993	0,30	1,00	297,9	993	0,26	1,00	258,2
Podlaha	348,1	0,45	0,63	98,7	348,1	0,18	0,63	39,5
Střecha	300,4	0,24	0,81	58,4	300,4	0,21	0,81	51,1
Střešní okna	15,7	1,50	0,81	19,1	15,7	0,70	0,81	8,9
Po odečtení výplní otvorů	284,7	0,24	0,81	55,3	284,7	0,21	0,81	48,4
Celkem	1907,2			869,6	1907,2			541
Tepelné vazby		1907,2*0,02		38,14	1907,2*0,02			38,14
Celková měrná ztráta prostupem tepla				907,74				579,14
Průměrný součinitel prostupu tepla podle 5.3.4 a tabulky 5		max. Uem pro A/V 0,42		požadovaná hodnota:	579,14/1907,2			
		907,74/1907,2+0,02=		0,50				0,30
		75% z požadované hodnoty 0,50*0,75=		doporučená hodnota:				
				0,375				
Klasifikační třída obálky budovy podle přílohy C				0,30/0,50 =	0,60	Třída B - úsporná		

Tabulka 2.3.3 Hranice klasifikačních tříd štítku

Stanovení prostupu tepla obálkou budovy

Měrná ztráta prostupem tepla $\boldsymbol{H}_{\mathrm{T}}$	W/K	**579,14**
Průměrný součinitel prostupu tepla $\boldsymbol{U}_{\mathrm{em}} = \boldsymbol{H}_{\mathrm{T}} / \boldsymbol{A}$	W/(m^2·K)	**0,30**
Doporučený součinitel prostupu tepla $\boldsymbol{U}_{\mathrm{em,\ N\ rc}}$	W/(m^2·K)	**0,38**
Požadovaný součinitel prostupu tepla $\boldsymbol{U}_{\mathrm{em,\ N\ rq}}$	W/(m^2·K)	**0,50**

Klasifikační třídy prostupu tepla obálkou hodnocené budovy

Hranice klasifikačních tříd	Klasifikační ukazatel *CI* pro hranice klasifikačních tříd	$\boldsymbol{U}_{\mathrm{em}}$ [W/(m^2·K)] pro hranice klasifikačních tříd	
		Obecně	Pro hodnocenou budovu
A	**0,50**	0,5. $U_{\mathrm{em,N}}$	**0,25**
B	**0,75**	0,75. $U_{\mathrm{em,N}}$	**0,38**
C	**1,0**	1. $U_{\mathrm{em,N}}$	**0,50**
D	**1,5**	1.5. $U_{\mathrm{em,N}}$	**0,75**
E	**2,0**	2. $U_{\mathrm{em,N}}$	**1,00**
F	**2,5**	2,5. $U_{\mathrm{em,N}}$	**1,25**
G	**> 2,5**	> 2,5. $U_{\mathrm{em,N}}$	-

Klasifikace: B – Úsporná

Datum vystavení energetického štítku obálky budovy:

Zpracovatel energetického štítku obálky budovy:

IČO:

Zpracoval: ....

Podpis: …………………..

Tento protokol a energetický štítek obálky budovy odpovídá směrnici evropského parlamentu a rady č. 2002/91/ES a prEN 15217. Byl vypracován v souladu s ČSN 73 0540-2/2011 a podle projektové dokumentace stavby dodané objednatelem.

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

Typ budovy, místní označení **Novostavba polyfunkčního domu**	**Hodnocení obálky budovy**	
Adresa budovy **Brno, 56992**		
Celková podlahová plocha A_c = 348,076 m^2	**stávající**	**doporučení**

CI **Velmi úsporná**

0,5

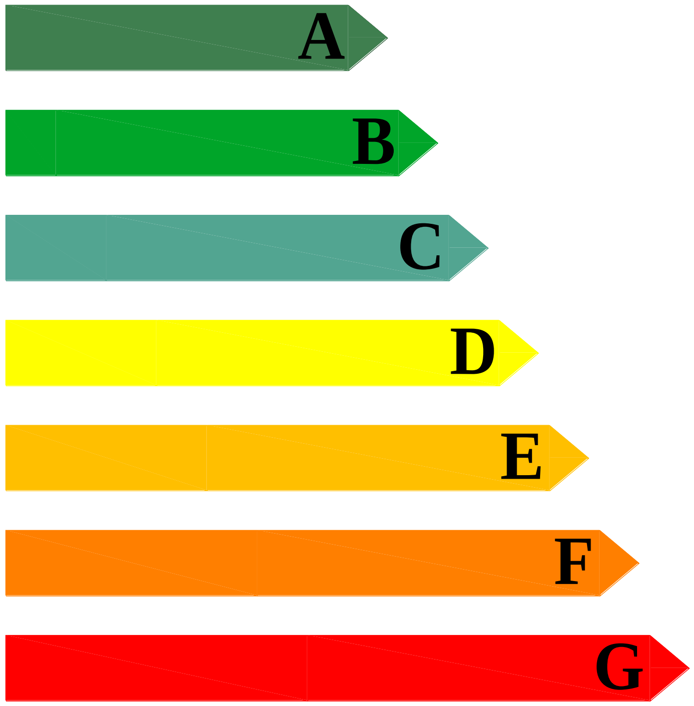
0,75

1,0

1,5

2,0

2,5



Mimořádně nehospodárná

stávající: **0,60**

doporučení: **CI_v**

	stávající	doporučení
klasifikace	**B**	
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em} ve $W/(m^2.K)$ **$U_{em} = H_T/A$**	**0,30**	**-**
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 730540-2 $U_{em,N}$ ve W/(m2.K)	**0,50**	**-**

Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty **U_{em}**

CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,0	2,50
U_{em}	**0,25**	**0,38**	**0,50**	**0,75**	**1,00**	**1,25**

2.4 NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES

Vytápění celého objektu je řešeno deskovými tělesy doplněné podlahovými konvektory od firmy KORADO (technické údaje těles viz příloha). Při návrhu byl použit teplotní spád 45/35 °C, který se liší od katalogového (75/65 °C), což znamená, že jsem výkony těles musel pomocí softwaru od firmy KORADO znovu přepočítat. Ve všech obývacích místnostech byl kladen velký důraz na přirozené osvětlení, což znamenalo velký problém pro umístěný deskových těles a proto jsem zvolil umístěný konvektorů , který využívá k ohřevu místnosti proudění a nikoliv sálání, jak je tomu u běžných radiátorů. Jednotlivé konvektory jsou kryty dřevěnou mřížkou, která ubírá účinnost o 5%.

V koupelně je instalováno trubkové otopné těleso Koralux Rondo Max . (15)

Tabulka 2.4 Přehled navržených otopných těles

Číslo místnosti	Účel místnosti	ti (°C)	TZ místnosti (W)	Typ otopného tělesa	Počet	Výkon otopného tělesa	z1 . z2 . z3 . Φ				Skutečný výkon (W)
Teplotní spád 45/35 °C											
1.NP											
101+102	Schodiště + hala	15	486	11 PLAN VK 1800/600	1	524	1	1	0,95	1	498
105	Kadeřnictví	20	2059	KORAFLEX FV 11/28 2000	1	1171	0,95	1	1	1	1924
				KORAFLEX FV 11/28 1600	1	854					
106	Kancelář č.2	20	2565	KORAFLEX FV 11/28 2800	2	1410	0,95	1	1	1	2679
107	Kancelář č.1	20	2502	KORAFLEX FV 11/28 2400	2	1455	0,95	1	1	1	2765
109	Kancelář č.3	20	3440	KORAFLEX FV 11/28 2400	1	1455	0,95	1	1	1	3718
				KORAFLEX FV 11/28 2000	1	720					
				KORAFLEX FV 11/28 2800	1	1739					
110	Kancelář č.4	20	2146	KORAFLEX FV 11/34 1600	2	1132	0,95	1	1	1	2151
111	Předsín na WC	20	244	11 PLAN VK 900/600	1	262	1	1	0,9	1	236
112	Umývárna - MUŽI	20	387	11 PLAN VK 1400/600	1	408	1	1	1	1	408
113	WC MUŽi - pisoáry	20	454	21 PLAN VK 1400/600	1	497	1	1	0,9	1	447
114	WC MUŽi - kabinky	20	223	11 PLAN VK 900/600	1	262	1	1	0,9	1	236
116+120	kabinka-MUŽI,ŽENY	20	244	-	-	-	-	-	-	-	-
115+121	kabinka-MUŽI,ŽENY	20	155	-	-	-	-	-	-	-	-
118	Umývárna - ŽENY	20	316	11 PLAN VK 1200/600	1	350	1	1	0,9	1	315
119	Umývárna - ŽENY	20	357	11 PLAN VK 1400/600	1	408	1	1	0,9	1	367
117	Uklidová místnost	20	53	-	-	-	-	-	-	-	-
SUMA			**15631**								**15743**

2.NP											
201+202	Schodiště+hala	15	251	11 PLAN VK 1000/600	1	291	1	1	0,95	1	276
205+212	Předsín, chodba	20	192	-	-	-	-	-	-	-	-
206+207	Kuchyt+jídelna	20	596	KORAFLEX FV 11/20 1600	1	621	0,95	1	1	1	590
208+215	WC kabinka	20	249	11 PLAN VK 500/600	2	146	1	1	0,9	1	263
209	Koupelna	24	358	RONDO MAX 745/1500	1	376	1	1	1	1	376
210	ložnice	20	409	KORAFLEX FV 11/20 1600	1	621	0,95	1	0,95	1	560
213+214	Jídelna+Kuchyn	20	607	KORAFLEX FV 11/20 1600	1	621	0,95	1	1	1	590
216	Koupelna	24	358	RONDO MAX 745/1500	1	376	1	1	1	1	376
217	ložnice	20	398	KORAFLEX FV 11/20 800	2	218	0,95	1	1	1	414
219	Předsín, chodba	20	91	-	-	-	-	-	-	-	-
220	Koupelna	24	562	RONDO MAX 745/1820	1	463	1	1	1	1	463
221	ložnice	20	447	KORAFLEX FV 8/16 1600	2	239	0,95	1	1	1	454
223+223	Kuchyn+obývací p.	20	792	KORAFLEX FI 8/16 1600	3	299	0,95	1	1	1	852
226	Předsín	20	99	-	-	-	-	-	-	-	-
227	Koupelna	24	382	RONDO MAX 745/1820	1	463	1	1	1	1	463
228+229	Kuchyn+obývací p.	20	623	KORAFLEX FV 8/16 1600	2	358	0,95	1	1	1	680
230	ložnice	20	228	KORAFLEX FI 11/20 800	1	280	0,95	1	1	1	266
232	Předsín	20	104	-	-	-	-	-	-	-	-
233	Koupelna	24	557	RONDO MAX 745/1820	1	463	1	1	1	1	463
234	ložnice	20	230	KORAFLEX FV 8/16 1600	1	239	0,95	1	1	1	227
235+236	Kuchyn+obývací p.	20	763	KORAFLEX FV 8/16 1600	3	299	0,95	1	1	1	852
238	Předsín	20	104	-	-	-	-	-	-	-	-
239	Koupelna	24	424	RONDO MAX 745/1820	1	463	1	1	1	1	463
240	Jídelní k.+obývací p.	20	990	KORAFLEX FV 11/20 1600	2	621	0,95	1	1	1	1180
SUMA			**9814**								**9809**

3.NP												
301+302	Schodiště+hala	15	251	11 PLAN VK 1000/600	1	291	1	1	0,95	1	276
305+312	Chodba, Předsín	20	192	-	-	-	-	-	-	-	-
306+307	Kuchyn+Jídelní kout	20	596	KORAFLEX FV 11/20 1600	1	621	0,95	1	1	1	590
308+315	WC-kabinka	20	249	11 PLAN VK 500/600	2	146	1	1	0,9	1	263
309	Koupelna	24	358	RONDO MAX 745/1500	1	376	1	1	1	1	376
310	Ložnice	20	409	KORAFLEX FV 11/20 1600	1	621	0,95	1	0,95	1	560
313+314	Jídelna+kuchyn	20	594	KORAFLEX FI 11/20 1600	1	621	0,95	1	1	1	590
316	Koupelna	24	358	RONDO MAX 745/1500	1	376	1	1	1	1	376
317	Ložnice	20	398	KORAFLEX FV 11/20 800	2	218	0,95	1	1	1	414
319	Předsín	20	91	-	-	-	-	-	-	-	-
320	Koupelna	24	557	RONDO MAX 745/1820	1	463	1	1	1	1	463
321	Ložnice	20	431	KORAFLEX FV 8/16 1600	2	239	0,95	1	1	1	454
322+323	Kuchyně+Obývací p.	20	792	KORAFLEX FV 8/16 1600	3	299	0,95	1	1	1	852
326	Předsín	20	96	-	-	-	-	-	-	-	-
327	Koupelna	24	573	RONDO MAX 745/1820	1	463	1	1	1	1	463
328+329	Kuchyně+Obývací p.	20	887	KORAFLEX FV 8/16 1600	3	358	0,95	1	1	1	1020
336	Předsín	20	96	-	-	-	-	-	-	-	-
337	Koupelna + WC	24	540	RONDO MAX 745/1820	1	463	1	1	1	1	463
338	Jídelna+Obývací p.	20	1193	KORAFLEX FV 8/16 2000	3	376	0,95	1	1	1	1072
340	Předsín	20	174	-	-	-	-	-	-	-	-
341	Koupelna	24	306	RONDO MAX 595/1820	1	369	1	1	1	1	369
342	Kuchyně+Obývací p.	20	1260	KORAFLEX FV 11/20 1600	2	621	0,95	1	1	1	1180
SUMA			**10402**								**9782**

4.NP - (MEZONET)											
401+402	Schodiště+hala	15	639	22 PLAN VK 800/600	2	379	1	1	1	1	758
403	Technolog. Místnost	20	187	-	-	-	-	-	-	-	-
404	Předsín	20	361	21 PLAN VK 800/600	2	233	1	1	1	1	466
405	Koupelna	24	758	RONDO MAX 745/1820	1	463	1	1	1	1	463
406+407	Obývací pokoj + KK	20	1650	KORAFLEX FV 11/20 1600	2	798	0,95	1	1	1	1516
408	Ložnice	20	775	22 PLAN VK 800/600	2	379	1	1	1	1	758
410	Předsín	20	87	-	-	-	-	-	-	-	-
411	Koupelna	24	722	RONDO MAX 745/1820	1	463	1	1	1	1	463
412	Obývací pokoj+KK	24	1042	33 PLAN VK 800/600	2	546	1	1	1	1	1092
332	Chodba	20	31	-	-	-	-	-	-	-	-
333	Pokoj	20	807	22 PLAN VK 800/600	2	379	1	1	1	1	758
334	Ložnice	20	758	22 PLAN VK 800/600	2	379	1	1	1	1	758
SUMA			**7817**								**7032**

2.5 PŘÍPRAVA TEPLÉ UŽITKOVÉ VODY

Dle ČSN 06 0320 (16) (17)

Teplá voda je předehřívána v zásobníku teplé vody které v zimním i letním období vyhřívá tepelné čerpadlo.

Teoretická potřeba tepla na ohřev vody na den:

$$Q_{2t} = n_i \cdot 4{,}3 = 42 \cdot 4{,}3 = 180{,}6\ [kWh/per]$$

n_i počet osob (15+12+12+3=42) [-]

4,3 teoretická potřeba tepla na ohřev vody pro 1 osobu za den $[kWh]$

Ztracené teplo Q_{2z} při ohřevu a distribuci TV:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 180{,}6 \cdot 0{,}3 = 54{,}18\ [kWh/per]$$

z součinitel poměrné ztráty [-]

Q_{2t} teoretická potřeba tepla na ohřev vody $[kWh]$

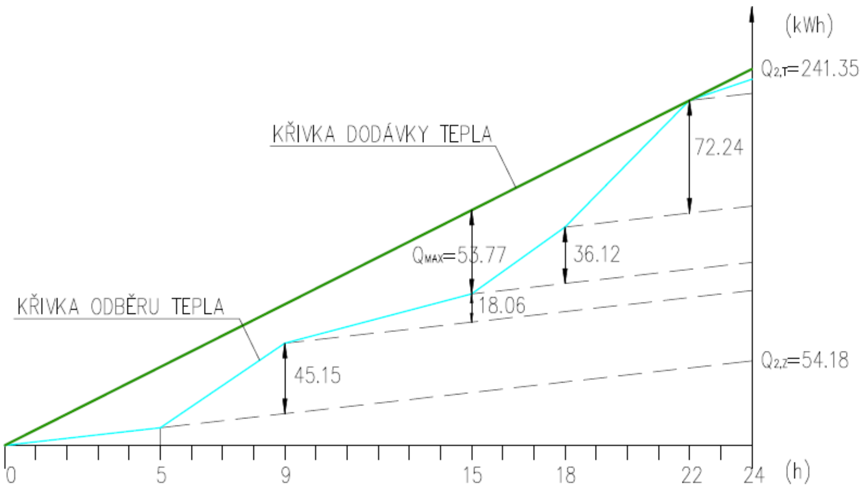
Teplo dodané ohřívačem do vody Q_{2p} během periody:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 180{,}6 + 54{,}18 = 234{,}78\ [kWh/per]$$

Teoretická potřeba tepla Q_{2p} v jednotlivých fázích dne:

Tabulka 2.5.1 Rozdělení potřeby tepla pro teplou vodu v průběhu dne

Časový úsek [h]	Odběr [%]	Teplo odebrané Q2t $[kWh]$
5-9	25	45,15
9-15	10	18,06
15-18	20	36,12
18-22	40	72,24
22-24	5	9,03



Obrázek 2.5.1 Křivka odběru a dodávky tepla

Určení velikosti zásobníku:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c*(\theta_2-\theta_1)} = \frac{53{,}77}{1{,}163*(55-10)} = 1{,}03\ [m^3] = 1\,030\ [l]$$

C měrná tepelná kapacita vody = 1,163 [W.h/kg.K]

$\theta 1$ teplota vstupní vody z vodovodního řadu [°C]

$\theta 2$ teplota výstupní ohřáté vody [°C]

Jmenovitý tepelný výkon ohřevu Q_{1n}:

$$Q_{1n} = \frac{Q_{1,n}}{t_p} = \frac{234{,}78}{24} = 9{,}78\ [kW]$$

t_p doba periody [h]

Navrhl jsem 2 zásobníkové ohřívače teplé vody RBC 500 od firmy Regulus. Objem jednoho zásobníku je 515 l. Plocha Výměníku 2,5 m^2.

2.6 STUDIE NÁVRHU ZDROJE VYTÁPĚNÍ

Celkový potřebný výkon zdroje tepla:

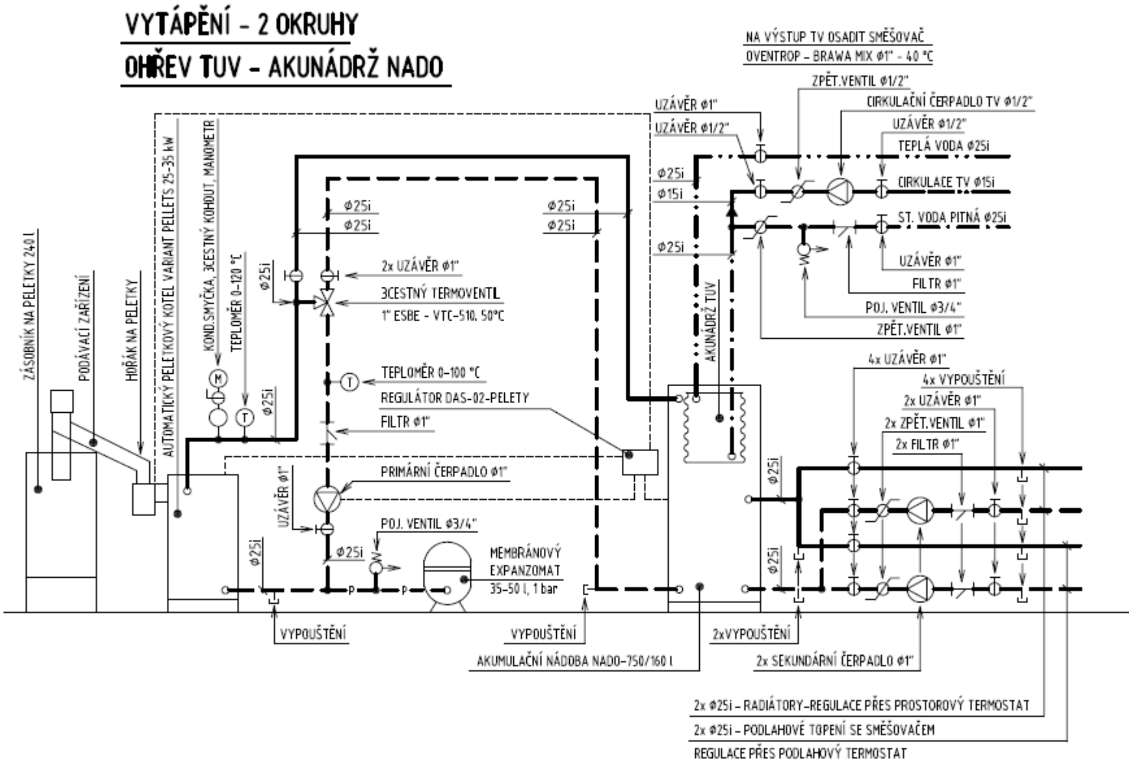
$$Q = Q_{HL} + Q_{TV} = 20{,}37 + 9{,}78 = 30{,}15 \ [\text{kW}]$$

Q_{HL} celková tepelná ztráta budovy [kW]

Q_{TV} výkon potřebný pro ohřev teplé užitkové vody [kW]

2.6.1 Automatický kotel na pelety

V první variantě posuzují využití kotle na pelety a navrhl jsem kotel od společnosti Kadria. Jedná se o typ VARIANT 30 a maximálním výkonu 30 KW a vysokou účinností 94 %. Spotřeba paliva při jmenovitém výkonu/min. výkonu je 8,35/1,91 kg/h. Objem zásobníku paliva je 240 l. Vodní objem kotle činí 39 l. Schéma zapojení uvažuji jako doporučené od výrobce. (18)



Obrázek 2.6.1 Schématické zapojení kotle KADRIA - VARIANT

2.6.2 Tepelné čerpadlo VZDUCH – VODA

Zde jsem navrhl 2 tepelná čerpadla NIBE LWSE-F o výkonu 2x12,4 kW. Tento systém se skládá ze dvou jednotek. Z vnitřní jednotky, která obsahuje kompresor, inteligentní řídící regulaci, elektrokotel, energeticky úsporné oběhové čerpadlo a ultra-tiché ventilátory venkovního výparníku pro oběh energie z venkovního vzduchu. (19)

Technická data
NIBE™ LWSE-F

Technická data dle EN14511 Dt5K			8	10	12	14	18	24	30(2x14)	36 (2x18)
A10/W35	Topný výkon EN14511	kW	12,4	13,6	15,6	20,7	22,5	31,0	41,5	45,0
	Elektrický příkon EN14511	kW	2,3	2,6	3,2	4,2	4,7	6,7	8,3	9,5
	Topný faktor COP*EN 14511	-	5,4	5,3	4,9	5,0	4,8	4,7	5,0	4,8
A7/W35	Topný výkon EN14511	kW	11,3	12,9	14,6	20,0	22,4	30,3	40,1	44,7
	Elektrický příkon EN14511	kW	2,2	2,6	3,2	4,3	4,9	6,8	8,6	9,8
	Topný faktor COP*EN 14511	-	5,1	5,0	4,6	4,7	4,6	4,5	4,7	4,6
A2/W35	Topný výkon EN14511	kW	9,3	10,7	12,3	16,6	19,5	24,7	33,2	39,0
	Elektrický příkon EN14511	kW	2,2	2,6	3,1	4,1	4,9	6,4	8,1	9,9
	Topný faktor COP*EN 14511	-	4,3	4,2	4,0	4,1	4,0	3,9	4,1	4,0
A-7/W35	Topný výkon EN14511	kW	7,8	8,8	9,8	13,7	14,5	19,9	27,4	29,1
	Elektrický příkon EN14511	kW	2,2	2,5	3,0	4,1	4,4	6,2	8,2	8,8
	Topný faktor COP*EN 14511	-	3,6	3,5	3,3	3,4	3,2	3,2	3,4	3,2
A35/W15	Chladicí výkon ***	kW	6,8	7,6	8,9	12,5	14,3	18,8	25,1	28,6
Nominální průtok na výměníku při A2W35 Δt=5K		m^3/h	1,44	1,6	1,9	2,4	2,9	3,7	4,8	5,7
Jištění Kompresor včetně elektrokotle		A	C20	C25	C25	C32	C32	C32	-	-
Jištění Pouze kompresor		A	C13	C13	C16	C16	C16	C20	2xC16	2xC16
Provozní fázový proud		A	6,8	8,2	10,1	11,8	16	20	2x11,8	2x16
Startovací proud kompresoru		A	30	36	45	53	72	90	2x53	2x72
Chladivo R407c		kg	7	7	6,5	9,9	9,9	9,9	2x9,9	2x9,9
Počet kompresorů		ks	1	1	1	1	1	1	2	2
Počet ventilátorů		ks	1	1	1	2	2	2	4	4
Vnitřní jednotka, šířka/hloubka/výška		mm	550/600/1500						2x(550/600/1500)	
Vnitřní jednotka,	hmotnost		160	165	170	175	180	200	2x175	2x180
Vnější jednotka, počet ventilátorů			1 x jednoduchý			1 x dvojitý			2 x dvojitý	
Vnější jednotka (výparník)	Šířka	mm	956			956			956	
	Hloubka	mm	1106			2006			2006	
	Výška	mm	1235			1268			1268 každý výparník	
Základ vnější jednotky		mm	878 x 1028			878x1928			878x1928 každý výparník	
Vnější jednotka	hmotnost	kg	100			180			2x180	

Obrázek 2.6.2 Technická data NIBE ™ LWSE-F

2.6.3 Tepelné čerpadlo ZEMĚ – VODA

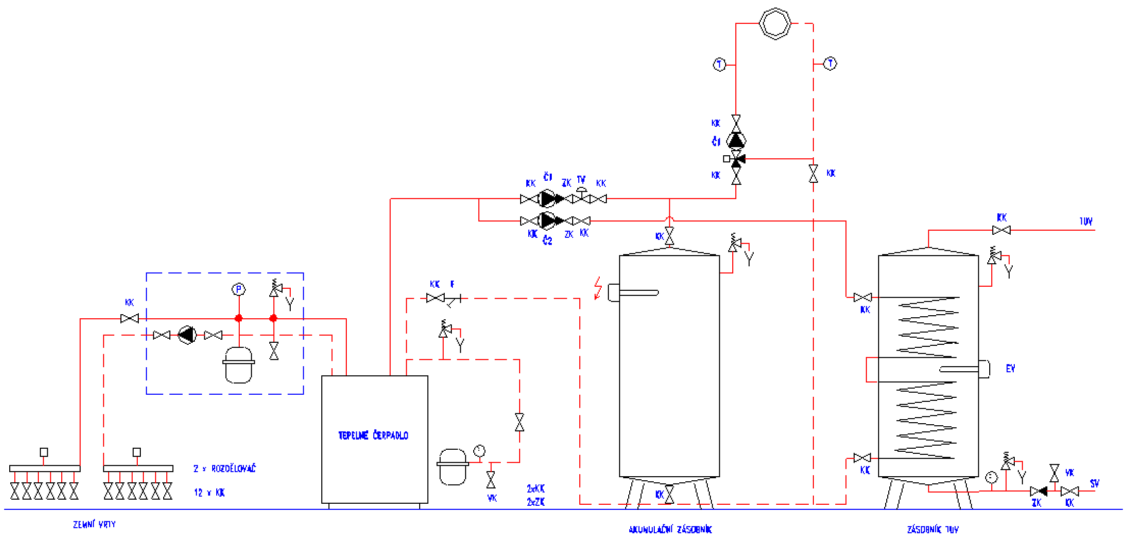
V této variantě jsem zvolil 2 tepelné čerpadla od firmy NIBE F1245-12. Obě tyto jednotky budou pokrývat potřebu tepla na vytápění a na ohřev TV. Celkový tepelný výkon sestavy bude po překročení venkovní teploty -4.6°C doplněn elektrickým kotlem. Celý navržený systém se skládá z tepelného čerpadla, ohřívače teplé vody ,doplňkového elektrokotle, stejnosměrných oběhových čerpadel, trojcestného ventilu a inteligentního řídícího systému. Toto zařízení má vestavěný zásobník teplé vody o objemu 180 litrů. (19)

Technické údaje NIBE™ F1245

Typ	5	6	8	10	12
Elektrický příkon při 0/35°C* [kW]	1,1	1,3	1,6	2,0	2,4
Topný výkon při 0/35°C* [kW]	4,9	6,5	8,2	10,1	12,0
Topný faktor (COP) při 0/35°C*	4,6	5,0	5,1	5,2	5,0
Elektrický příkon při 0/35°C** [kW]	1,1	1,3	1,6	2,0	2,5
Topný výkon při 0/35°C** [kW]	4,7	6,1	7,7	9,7	11,5
Topný faktor (COP) při 0/35°C**	4,3	4,6	4,7	4,8	4,6
Provozní napětí [V]	3 x 400V + N + PE				
Minimální jištění (char. C) [A]	16	16	16	16	16
Objem zásobníku teplé vody [l]	180	180	180	180	180
Doplňkový elektrokotel [kW]	1/2/3/4/5/6/7 nebo 2/4/6/9				
Maximální tlak v zásobníku TV [MPa]	1,0 (10 bar)				
Chladivo (R407C) [kg]	1,2	1,5	1,8	2,1	2,0
Maximální teplotní spád (provoz pouze kompresorem) [°C]	70/65	70/65	70/65	70/65	70/65
Hlučnost (LwA) [db]	37	42	43	43	43
Hmotnost bez vody [kg]	305	310	325	330	335
Výška [mm]	1500	1500	1500	1500	1500
Šířka [mm]	600	600	600	600	600
Hloubka [mm]	620	620	620	620	620

* Podle EN 255 (bez oběhových čerpadel)
** Podle EN 14511

Obrázek 2.6.3 Technická data NIBE ™ F1245



Obrázek 2.6.3 Schématické zapojení tepelného čerpadla typu ZEMĚ-VODA

2.6.4 Zvolená varianta

Pro další zpracování jsem zvolil variantu tepelného čerpadla ZEMĚ – VODA. Oproti kotlům na pelety má tepelné čerpadlo vyšší pořizovací náklady, ale jeho provoz je plně automatický a není třeba se o zdroj tepla během roku starat a zajišťovat palivo.

2.7 NÁVRH ZDROJE TEPLA

Výchozí parametry:

Teplotní spád: 45/35 °C

Tepelná ztráta objektu: 20,37 kW

Výkon pro ohřev teplé užitkové vody: 9,78 kW

Venkovní návrhová teplota: - 12 °C

Vnitřní návrhová teplota: 20 °C

2.7.1 Určení bodu bivalence

Bod bivalence určuje stav, ve kterém jsou v rovnováze tři energetické parametry: Potřebný topný výkon, výkon otopné soustavy a výkon zdroje.

Použité vzorce:

Teplotní rozdíl (spád):

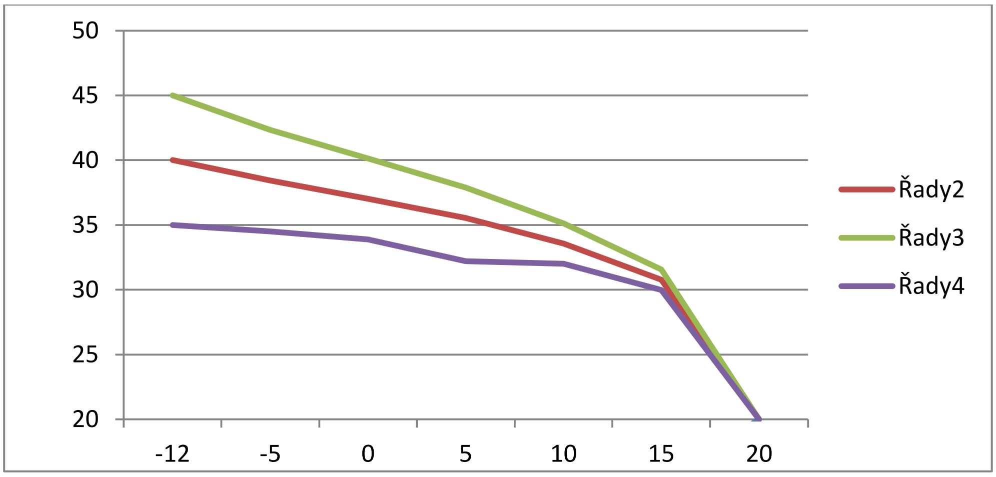
$$\Delta t = (t_{w1,max} - t_{w2,max}) \cdot \frac{t_e - t_i}{t_{e,min} - t_i} \quad [K]$$

Střední teplota otopné vody:

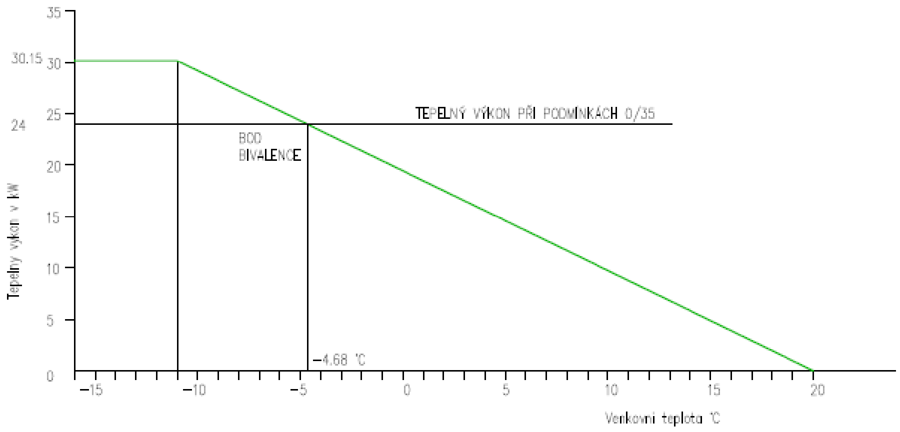
$$t_m = t_i + \left(\frac{t_{w1,max} + t_{w2,max}}{2} - ti\right) \cdot \left(\frac{t_e - t_i}{t_{e,min} - t_i}\right)^2 \quad [°C]$$

Tabulka 2.7.1 Průběh teplot otopné vody v závislosti na venkovní teplotě

t_e	-12	-5	0	5	10	15	20
t_{w1}	45,00	42,33	40,14	37,88	35,13	31,55	20,00
t_m	40,00	38,42	37,01	35,54	33,57	30,77	20,00
t_{w2}	35,00	34,51	33,89	33,20	32,01	29,99	20,00
Δt	10,00	7,81	6,25	4,69	3,13	1,56	0,00



Obrázek 2.7.1 Ekvitermní křivka



Obrázek 2.7.2 Bod bivalence

Výkon tepelného čerpadla jsem navrhoval podle podmínek 0/35 z materiálů od výrobce. Tato hodnota je standartní pro návrh teplotního spádu 45/35 °C. Výkon 24 kW uvažuji konstantní. Bod Bivalence tedy volím na teplotě -4,68 °C a od této hranice bude zapnut elektricky integrovaný zdroj tepla.

2.7.2 Dimenzování primárního okruhu

Vstupní hodnoty:

Výkon tepelného čerpadla = 24 kW (2x12 kW)

Příkon = 5 (2x2.5 kW)

COP = 5

(Energetické parametry měřeny dle normy EN 14511)

Chladící výkon:

$$Q_{CHL} = Q_{TOP} - P = 24000 - 5000 = 19000 \text{ [W]}$$

Hloubka vrtu:

$$H = Q_{CHL} / q = 19000/50 = 380 \text{ [m]}$$

Měrný tepelný výkon jímání zeminy uvažuji q=50 (W/m). Jedná se normální podloží z nezpevněných hornin a vodou nasycených sediment. Konečnou hloubku vrtu navrhuji na 95 m v počtu čtyřech umístěných vedle sebe. Vystrojení vrtů 4 x 32 mm.

Část okruhu tepelného čerpadla, která vede v kotelně, je zhotoveno z měděného potrubí s tepelnou izolací tloušťky 20 mm. jednotlivé komponenty (kulové kohouty, expanzní nádoba) jsou součástí sestavy tepelného čerpadla. Průchod potrubí stěnou je tvořen průchodkami, které zabraňují přenosu vibrací do konstrukce a pečlivě zaizolován z důvodu tepelného mostu.

Součet celkové vrtné metráže přesahuje hodnotu 100 m, což znamená, že je zapotřebí ohlásit vrtné práce příslušnému báňskému úřadu.

2.8 DIMENZOVÁNÍ A HYDRAULICKÉ POSOUZENÍ

2.8.1 Tlakové ztráty na potrubí a stupeň přednastavení

Dimenzování (návrh průměru) potrubí se provádí hydraulickým výpočtem. Pro návrh se používají výpočetní vztahy, tabulky a nomogramy. Výpočtem získávám takové dimenze potrubí a jmenovité světlosti armatur, aby celková tlaková ztráta byla maximálně rovna tlaku, který mám k dispozici, tj. dispoziční přetlak. Navrhované potrubí je z mědi a rychlost by měla směrem od zdroje klesat. Termostatické ventily jsem uvažoval od firmy Korado. (20) (21)

Použité vzorce

Hmotnostní průtok:

$$M = \frac{Q}{c * \Delta t} \quad [kg/h]$$

Q výkon otopného tělesa [W]

c měrná tepelná kapacita vody c= 1,163 $\left[\frac{W.h}{kg.K}\right]$

Δt teplotní rozdíl [K]

Ztráta třením:

$$\Delta p_T = R \cdot l \quad [Pa]$$

R měrná tlaková ztráta třením [Pa/m]

l délka potrubí [m]

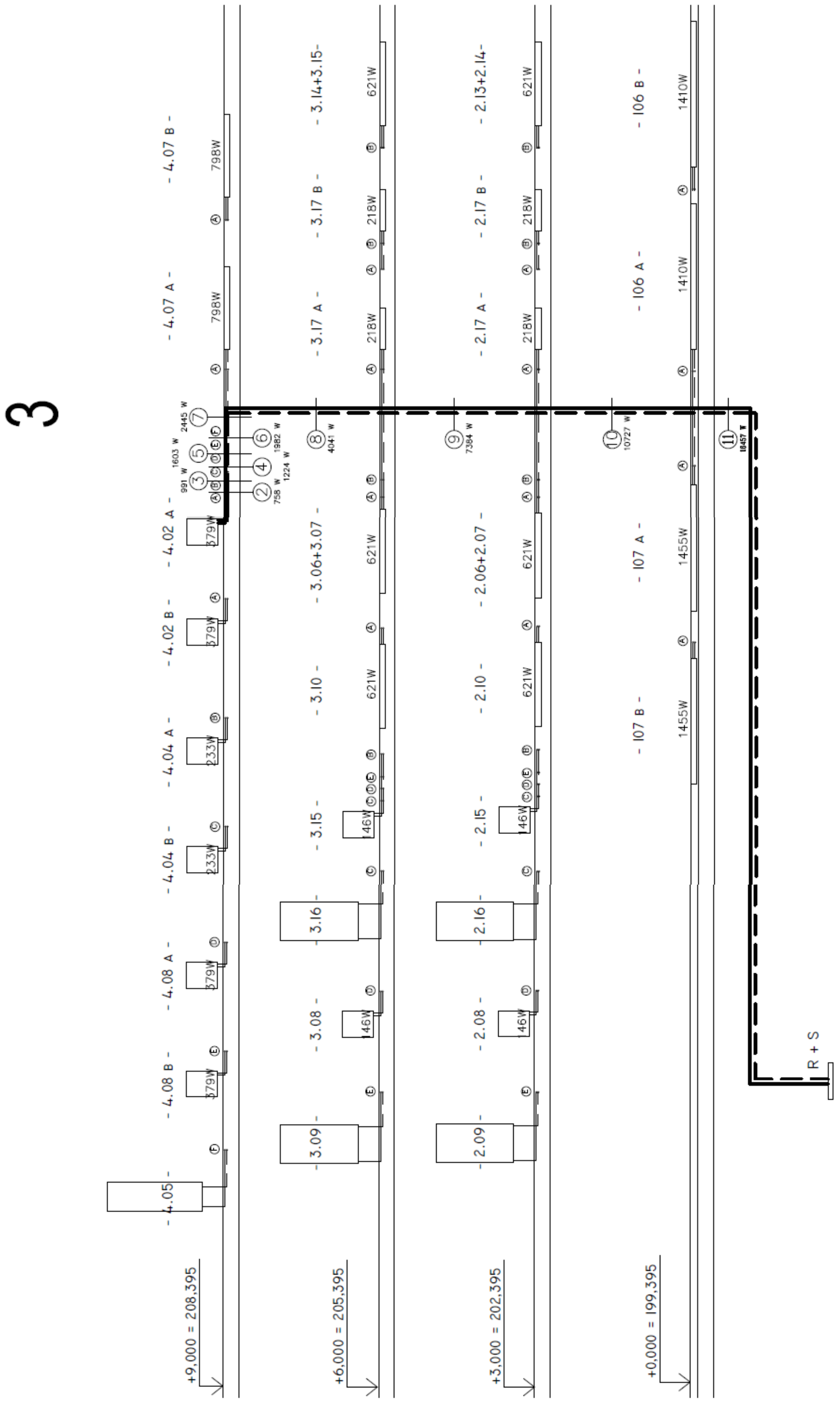
Tlaková ztráta vřazenými odpory::

$$Z = \Sigma\xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad [Pa]$$

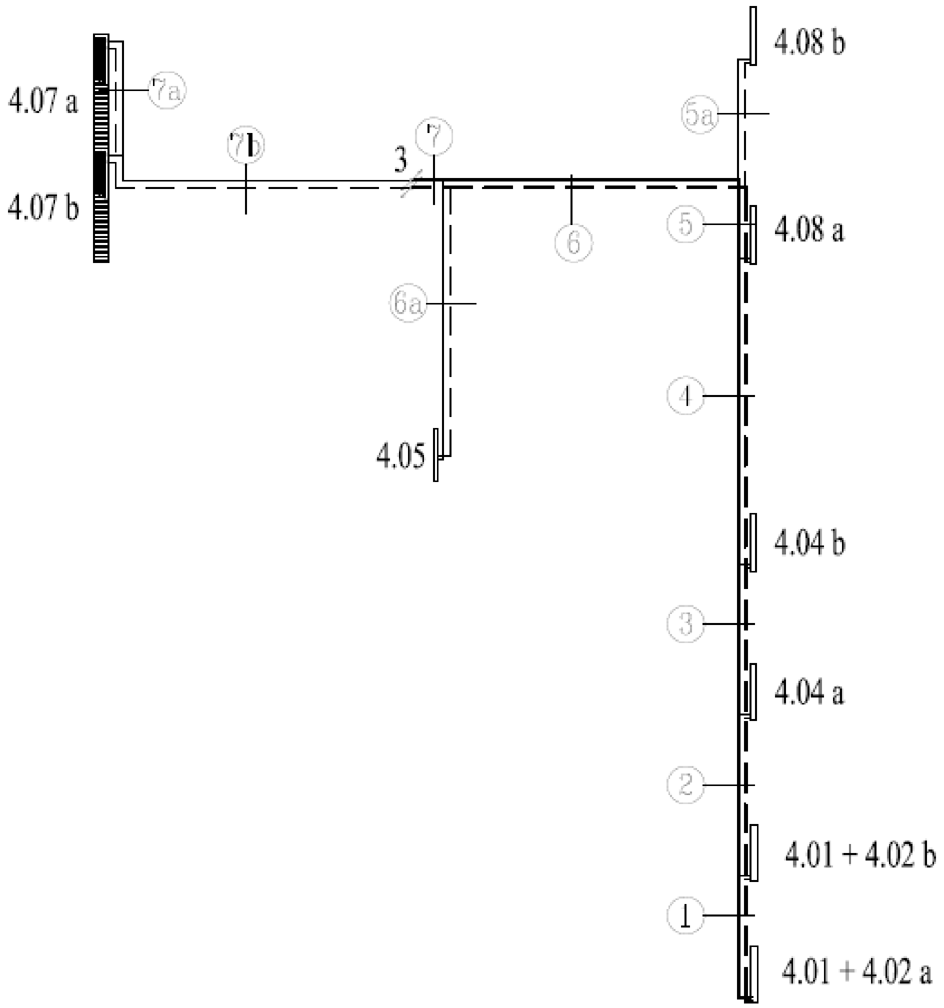
ξ součinitel místního odporu [-]

w rychlost proudění vody v potrubí [m/s]

ρ hustota vody [kg/m^3]



Obrázek 2.8.1 Svislé výpočtové schéma



Obrázek 2.8.1 Půdorysné schéma základního okruhu

Tabulka 2.8.1 Hydraulický výpočet základního okruhu

	č.ú.	Q	M	l	DN	R	w	R*l	Σξ	Z	ΔpRV	R*l+Z+ΔpRV	ΔpDIS
	(-)	(W)	(kg/h)	(m)	(dxt)	(Pa/m)	(m/s)	(Pa)	(-)	(Pa)	(Pa)	(-)	(Pa)
	Dimenzování základního okruhu - č.m. 401+402 (VK)												
Mezonet	1	379	32,6	1,90	10x1	60	0,184	114	6,4	23,3	250	387	387
Mezonet	2	758	65,2	2,45	12x1	120	0,243	294	3,1	32,6	0	327	714
Mezonet	3	991	85,2	2,30	12x1	180	0,308	414	3,1	50,5	0	465	1178
Mezonet	4	1224	105,2	4,30	12x1	260	0,382	1118	3,4	76,4	0	1194	2373
Mezonet	5	1603	137,8	1,10	15x1	120	0,296	132	3,9	47,7	0	180	2553
Mezonet	6	1982	170,4	4,20	15x1	170	0,362	714	3,1	68,6	0	783	3335
Mezonet	7	2445	210,2	0,50	15x1	240	0,442	120	3,9	101,6	0	222	3557
Mezonet	8	4041	347,46	3,00	18x1	220	0,489	660	0,8	120,4	0	780	4337
3	9	7384	634,91	3,00	22x1	220	0,574	660	0,8	165,5	0	826	5163
2	10	10727	922,36	3,00	28x1,5	160	0,561	480	1,8	159,2	0	639	5802
1	11	**16457**	1415	19,00	35x1,5	100	0,512	1900	11	142,1	0	2042	7844

Σξ1	=	OT(3) + zúžení a rozšíření (0,3) + 2xkoleno (2x1,3) + průchod spojení (0,2) + průchod dělení (0,3)
Σξ2	=	2xkoleno (2x1,3) + průchod spojení (0,2) + průchod dělení (0,3)
Σξ3	=	2xkoleno (2x1,3) + průchod spojení (0,2) + průchod dělení (0,3)
Σξ4	=	2xkoleno (2x1,3) + průchod spojení (0,2) + průchod dělení (0,3) + zúžení a rozšíření (0,3)
Σξ5	=	2xkoleno (2x1,3) + spojení (0,4) + dělení (0,9)
Σξ6	=	2xkoleno (2x1,3) + průchod spojení (0,2) + průchod dělení (0,3)
Σξ7	=	2xkoleno (2x1,3) + spojení (0,4) + dělení (0,9)
Σξ8	=	zúžení a rozšíření (0,3) + průchod spojení (0,2) + průchod dělení (0,3)
Σξ9	=	zúžení a rozšíření (0,3) + průchod spojení (0,2) + průchod dělení (0,3)
Σξ10	=	zúžení a rozšíření (0,3) + průchod spojení (0,2) + průchod dělení (0,3) + 2KK(2x0,5)
Σξ11	=	zúžení a rozšíření (0,3) + 4xkoleno (4x1,3) + R+S (1,5) + 8xKK (8x0,5)

Dopočítíní ostatních úseků

Dimenzování k otopnému tělesu - č.m. 401+102 b (VK)												
	379	32,6	0,50	10x1	60	0,184	30	3	19,9	TRV(7)337	387	387
NÁVRH PŘEDNASTAVENÍ VENTILU OT												
387- 50 = 337 Pa, 32,6 kg/h						přednastavení V-exact z diagramu (7)						
Σξ1	=	OT(3)										

Dimenzování k otopnému tělesu - č.m. 4.04 a (VK)												
	233	20,0	0,50	10x1	40	0,123	20	3	10,6	TRV(4)683	714	714
NÁVRH PŘEDNASTAVENÍ VENTILU OT												
714- 31 = 683 Pa, 20,0 kg/h						přednastavení V-exact z diagramu (4)						
Σξ1	=	OT(3)										

2.8.2 Regulační šroubení a termostatické ventily

Rozvod potrubí bude spojen s ventily pomocí nerezové hadice, která je součástí balení konvektorů. Jednotlivé stupně přednastavení jsou uvedeny v tabulkách dimenzí. (22)

Tabulka 2.8.2 Výpis jednotlivých ventilů

Regulační šroubení - ROHOVÉ provedení

označení	závit	obj.č.
Regulux	½“	0341-15.000

Regulační šroubení - PŘÍMÉ provedení

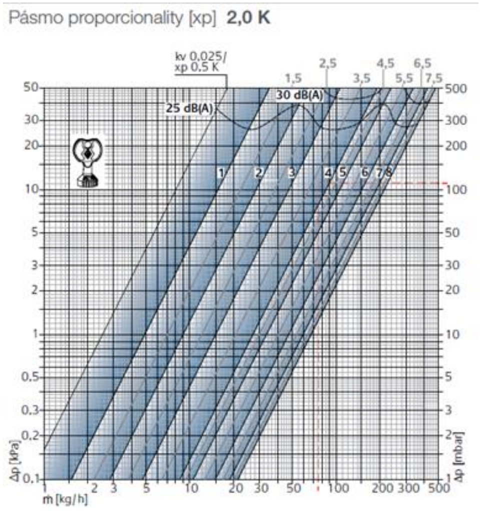
označení	závit	obj.č.
Regulux	½“	0342-15.000

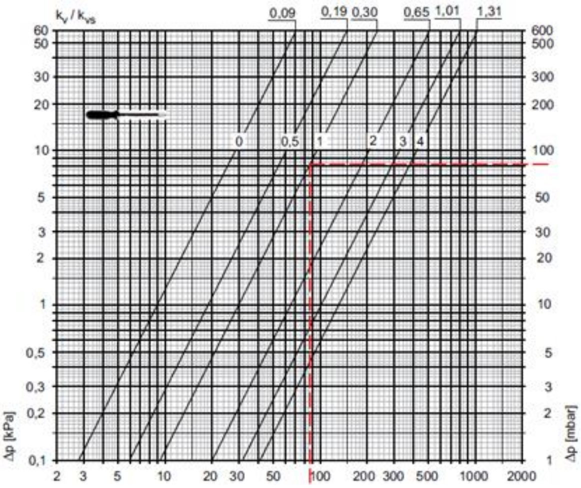
Termostatický ventil dvouregulační - PŘÍMÝ

označení	závit	obj.č.
V-exact II	½“	3717-15.000

Termostatický ventil dvouregulační - ROHOVÝ

označení	závit	obj.č.
V-exact II	½“	3717-15.000





Obrázek 2.8.2 tabulka se stupni přednastavení šroubení a termostatického ventilu

2.8.3 Třícestné směšovací ventily

Použité vzorce

Teoretická hodnota Kv

$$K_{v,theo} = \frac{V}{\sqrt{\Delta p_{v,min}}} = \quad [m^3/h]$$

V objemový průtok $[m^3/h]$

Δp_v minimální tlaková ztráta regulačního ventilu [bar]

Skutečná tlaková ztráta

$$\Delta p_{skut} = \left(\frac{V}{K_{vs}}\right)^2 \quad [bar]$$

K_{vs} jmenovitá hodnota ventilu $[m^3/h]$

Výběr hodnoty K_{vs} z konstrukční řady ventilů (K_v-skutečné < K_v-teoretické). Z řady ventilů připadá v úvahu ventil DN 20 s hodnotou K_{vs} = 6,88 a ventil DN 15 s hodnotou K_{vs} = 6,0.

Autorita ventilu *a*

$$a = \frac{\Delta p_{skut}}{\Delta p_{skut} + 2 * \Delta p_{kk} + \Delta p_F + \Delta p_{MT}} \quad [-]$$

Δp_{skut} skutečná tlaková ztráta třícestného ventilu [kPa]

Δp_{kk} tlaková ztráta kulového kohoutu [kPa]

Δp_{PF} tlaková ztráta filtru [kPa]

Δp_{MT} tlaková ztráta měřiče tepla [kPa]

Výpočet pro jednotlivé větve

$$K_{v,theo,1} = \frac{V}{\sqrt{\Delta p_{v,min}}} = \frac{1{,}0906}{\sqrt{0{,}03}} = 6{,}30 \quad [m^3/h]$$

$$K_{v,theo,2} = \frac{V}{\sqrt{\Delta p_{v,min}}} = \frac{1{,}295}{\sqrt{0{,}03}} = 7{,}48 \quad [m^3/h]$$

$$K_{v,theo,3} = \frac{V}{\sqrt{\Delta p_{v,min}}} = \frac{1{,}415}{\sqrt{0{,}03}} = 8{,}17 \quad [m^3/h]$$

$$\Delta p_{skut,1} = \left(\frac{V}{K_{vs}}\right)^2 = \left(\frac{1{,}0906}{6{,}0}\right)^2 = 0{,}03 \ [bar] = 3 \ [kPa]$$

$$\Delta p_{skut,2} = \left(\frac{V}{K_{vs}}\right)^2 = \left(\frac{1{,}295}{6{,}3}\right)^2 = 0{,}04 \ [bar] = 4 \ [kPa]$$

$$\Delta p_{skut,3} = \left(\frac{V}{K_{vs}}\right)^2 = \left(\frac{1{,}415}{6{,}3}\right)^2 = 0{,}05 \ [bar] = 5 \ [kPa]$$

$$a_1 = \frac{\Delta p_{skut,1}}{\Delta p_{skut,1} + 2 * \Delta p_{kk} + \Delta p_F + \Delta p_{MT}} = \frac{3}{3 + 2 * 0{,}10 + 2{,}5 + 3{,}5} = 0{,}33 \ [-]$$

$$a_2 = \frac{\Delta p_{skut,2}}{\Delta p_{skut,2} + 2 * \Delta p_{kk} + \Delta p_F + \Delta p_{MT}} = \frac{4}{4 + 2 * 0{,}14 + 2{,}4 + 5} = 0{,}34 \ [-]$$

$$a_3 = \frac{\Delta p_{skut,3}}{\Delta p_{skut,3} + 2 * \Delta p_{kk} + \Delta p_F + \Delta p_{MT}} = \frac{5}{5 + 2 * 0{,}20 + 2{,}7 + 6{,}5} = 0{,}34 \ [-]$$

Navržené ventily (23)

1. Větev - přímý ventil Hertz STROMAX 4217 GM DN20 – přenastavení 6
2. Větev - přímý ventil Hertz STROMAX 4217 GM DN25 – přenastavení 5,9
3. Větev - přímý ventil Hertz STROMAX 4217 GM DN25 – přenastavení 6,6

2.8.4 Filtry

Filtry separují nečistoty, tvořené převážně pískem a částečky rzi, které obíhají v systémech s uzavřeným i otevřenými okruhy topné vody. Instalujeme v topném systému jako ochrana oběhového čerpadla, regulačních ventilů a měřice tepla.

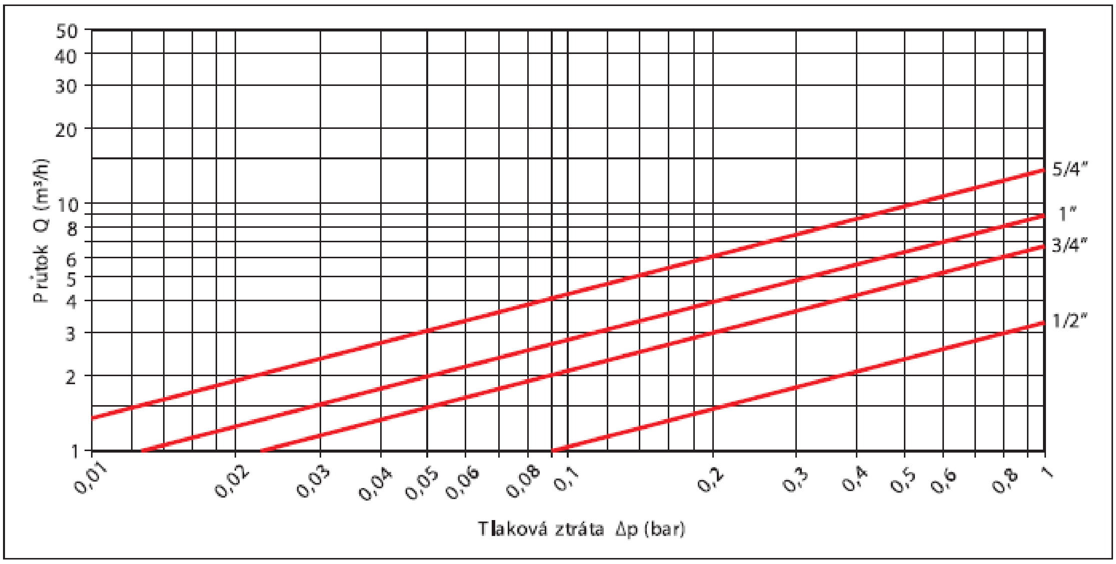
Manometr umístěný na vrchní části filtru měří výstupní tlak vody. Čištění filtru je potřeba provádět v pravidelných intervalech (alespoň jednou za půl roku). (24)

1.	Větev	M = 1090,6 kg/h,	DN20 – rozměr 3/4´´	Δp=2,5 [kPa]
2.	Větev	M = 1295 kg/h,	DN25 – rozměr 1´´	Δp=2,4 [kPa]
3.	Větev	M = 1415 kg/h,	DN25 – rozměr 1´´	Δp=2,7 [kPa]

Diagram tlakových ztrát:

Hodnoty K_V:

1/2"	3,3
3/4"	6,7
1"	8,9
5/4"	14,5

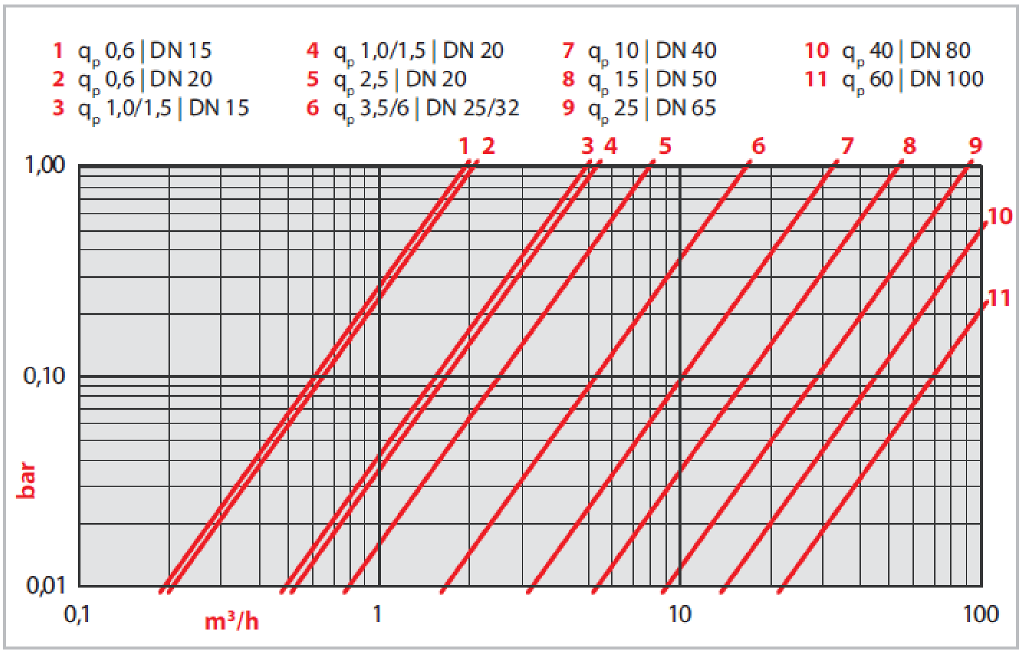


Obrázek 2.8.4 Diagram tlakových ztrát filtru IVAR CS (24)

2.8.5 Měřiče tepla

Ultrazvukový kompaktní měřič tepla EMBRA SHARKY 755 je určený pro měření energie v systému topení pro technologické a fakturační účely. U tohoto typu jsou velmi nízké tlakové ztráty, vysoká dynamika měření a nízký rozběhový průtok. (25)

1. Větev M = 1090,6 kg/h, DN20 Δp=3,5 [kPa]
2. Větev M = 1295 kg/h, DN20 Δp=5,0 [kPa]
3. Větev M = 1415 kg/h, DN20 Δp=6,5 [kPa]



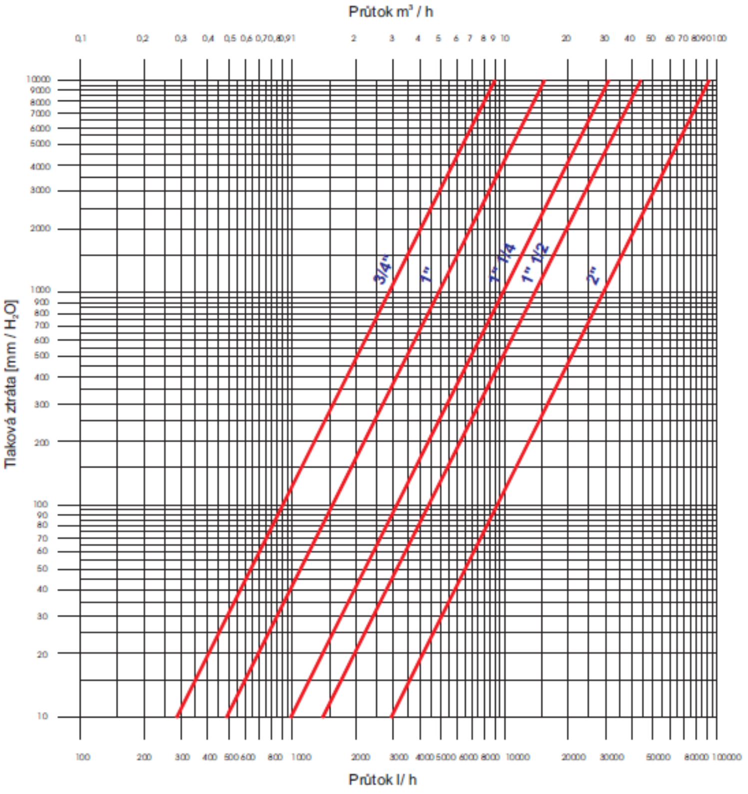
Obrázek 2.8.5 Křivka tlakových ztrát měřiče tepla SHARKY 755 (25)

			Sharky 775									
Jmenovitá světlost	DN	mm	15	15	20	25	25	40	50	65	80	100
Jmenovitý průtok	q_p	m^3/h	0,6	1,5	2,5	3,5	6	10	15	25	40	60/100
Stavební délka		mm	110	110	130	260	260	300	270	300	300	360
Závit		inch	¾	¾	1	5/4	5/4	2	příruba	příruba	příruba	příruba
Rozběhový průtok		l/h	1	2,5	4	7	7	20	40	50	80	120
Maximální průtok		m^3/h	1,2	3	5	7	12	20	30	50	80	120
PN		bar	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Max. teplota (měřič tepla)		°C	130	130	130	150	150	150	150	150	150	150

Obrázek 2.8.5 Technická data měřiče tepla SHARKY 755 (25)

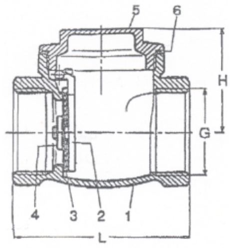
2.8.6 Zpětné klapky

1. Větev M = 1090,6 kg/h, DN20 Δp=0,10 [kPa]
2. Větev M = 1295 kg/h, DN25 Δp=0,14 [kPa]
3. Větev M = 1415 kg/h, DN25 Δp=0,20 [kPa]



Obrázek 2.8.6 Křivka tlakové ztráty zpětné klapky GIACOMINI (26)

N5 - Zpětná klapka s gumovým těsněním



1. mosaz MS 58 UNI 5705
2. mosaz MS 58 UNI 5705
3. těsnění - neoprénová guma
4. mosaz MS 58 UNI 5705
5. mosaz MS 58 UNI 5705
6. těsnění o-kroužek NBR

od 5/4" do 4" mosaz MS 58 UNI 5035

Maximální pracovní teplota 110°C

G	3/8"	1/2"	3/4"	1"	5/4"	6/4"	2"	2"1/2	3"	4"
H [mm]	31,5	31,5	35,0	39,5	46,5	50,5	59,0	67,5	76,5	91,0
L [mm]	47,0	47,0	54,5	64,5	75,5	83,0	98,0	116,5	135,0	164,0
tlak [MPa]	1,6	1,6	1,6	1,6	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0
Kv			9,03	15,76	31,34	44,03	92,4			

Obrázek 2.8.6 Zpětná klapka GIACOMINI (26)

2.8.7 Návrh oběhových čerpadel

Oběhové čerpadlo je zdrojem síly, která zajišťuje cirkulaci otopné vody v soustavě s nuceným oběhem a jeho výkon je určen dopravním tlakem a jeho množstvím.

Do otopné soustavy navrhuji tři čerpadla. Všechny tři jsou navrženy pomocí aplikace Webcaps od firmy Grundfos. (27)

Použité vzorce:

Dopravní výška H

$$H = \frac{\Sigma\Delta p}{(\rho * g)}$$

ΣΔp tlaková ztráta potrubní sítě [Pa]

ρ hustota vody [kg/m^3]

g gravitační zrychlení [m/s^2]

Objemový průtok V

$$V = \frac{M}{\rho} \quad [m^3/h]$$

M hmotnostní průtok [kg/h]

ρ hustota vody [kg/m^3]

2.8.7.1 Oběhové čerpadlo pro topný okruh 1

Celková tlaková ztráta Δp

$$\Sigma\Delta p = \Sigma\Delta p_{\text{ potrubí}} + \Delta p_{\text{ filtr}} + \Delta p_{\text{ měřič tepla}} + \Delta p_{\text{ zpětná klapka}} + \Delta p_{\text{ třícestný ventil}} =$$

$$= 6{,}091 + 2{,}5 + 3{,}5 + 0{,}1 + 3 = 15{,}191 \quad [\text{kPa}]$$

Dopravní výška H

$$H = \frac{\Sigma\Delta p}{(\rho * g)} = \frac{15\,191}{(1000 * 9{,}81)} = 1{,}55 \quad [\text{m}]$$

Objemový průtok V

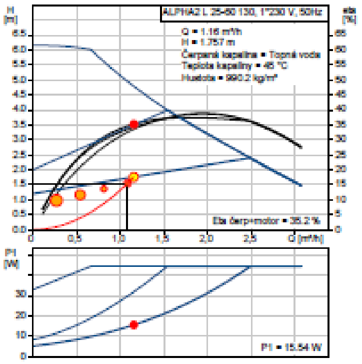
$$V = \frac{M}{\rho} = \frac{1090{,}6}{1000} = 1{,}09 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

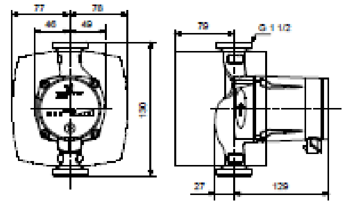
GRUNDFOS

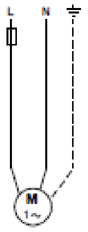
Název společnosti:
Vypracováno kým:
Telefon:

Datum: 4/13/2016

Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku::	ALPHA2 L 25-60 130
Číslo výrobku:	95047563
EAN kód::	5700311668580
Cena:	196,00 EUR €
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	1.16 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	1.757 m
Max. dopravní výška:	60 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	VDE,GS,CE
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN-JL 1020
	ASTM A48-25 B
Oběžné kolo:	Compozit, PP
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Potrubní přípojka:	G 1 1/2
PN pro potrubní přípojku:	PN 10
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	130 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Topná voda
Rozsah teploty kapaliny:	2 .. 110 °C
Teplota kapaliny:	45 °C
Hustota:	990.2 kg/m³
Kinematická viskozita:	1 mm²/s
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	5 .. 45 W
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Max. spotřeba el. proudu:	0.05 .. 0.38 A
Krytí (IEC 34-5):	IP42
Třída izolace (IEC 85):	F
Motorová ochrana:	Žádný
Teplotní ochrana:	ELEC
Řídicí jednotky:	
Poloha svorkovnice:	6H
Jiné:	
Energet. účinnost (EEI):	0.23
Čistá hmotnost:	1.9 kg
Hrubá hmotnost:	2.1 kg







Obrázek 2.8.7.1 Návrh Oběhového čerpadla pro větev č. 1 (27)

2.8.7.2 Oběhové čerpadlo pro topný okruh 2

Celková tlaková ztráta Δp

$$\Sigma\Delta p = \Sigma\Delta p_{\text{potrubí}} + \Delta p_{\text{filtr}} + \Delta p_{\text{měřič tepla}} + \Delta p_{\text{zpětná klapka}} + \Delta p_{\text{třícestný ventil}} =$$

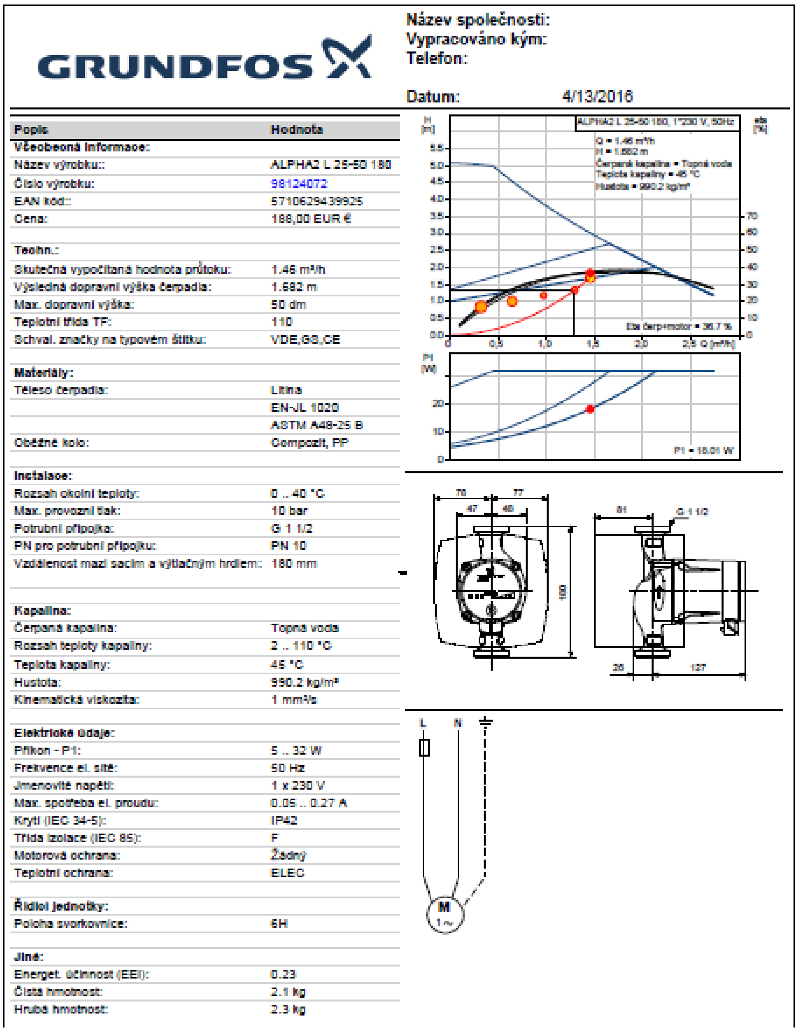
$$= 1{,}539 + 2{,}4 + 5{,}0 + 0{,}14 + 4{,}0 = 13{,}079 \quad [\text{kPa}]$$

Dopravní výška H

$$H = \frac{\Sigma\Delta p}{(\rho * g)} = \frac{13\,079}{(1000 * 9{,}81)} = 1{,}33 \quad [\text{m}]$$

Objemový průtok V

$$V = \frac{M}{\rho} = \frac{1295}{1000} = 1{,}30 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$



GRUNDFOS

Název společnosti:
Vypracováno kým:
Telefon:

Datum: 4/13/2016

Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku::	ALPHA2 L 25-50 180
Číslo výrobku:	98124072
EAN kód::	5710629439925
Cena:	188,00 EUR €
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	1.46 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	1.682 m
Max. dopravní výška:	50 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	VDE,GS,CE
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN-JL 1020
	ASTM A48-25 B
Oběžné kolo:	Compozit, PP
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Potrubní přípojka:	G 1 1/2
PN pro potrubní přípojku:	PN 10
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	180 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Topná voda
Rozsah teploty kapaliny:	2 .. 110 °C
Teplota kapaliny:	45 °C
Hustota:	990.2 kg/m³
Kinematická viskozita:	1 mm²/s
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	5 .. 32 W
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Max. spotřeba el. proudu:	0.05 .. 0.27 A
Krytí (IEC 34-5):	IP42
Třída izolace (IEC 85):	F
Motorová ochrana:	Žádný
Teplotní ochrana:	ELEC
Řídicí jednotky:	
Poloha svorkovnice:	6H
Jiné:	
Energet. účinnost (EEI):	0.23
Čistá hmotnost:	2.1 kg
Hrubá hmotnost:	2.3 kg

Obrázek 2.8.7.2 Návrh Oběhového čerpadla pro větev č. 2 (27)

2.8.7.3 Oběhové čerpadlo pro topný okruh 3

Celková tlaková ztráta Δp

$$\Sigma\Delta p = \Sigma\Delta p_{\text{potrubí}} + \Delta p_{\text{filtr}} + \Delta p_{\text{měřič tepla}} + \Delta p_{\text{zpětná klapka}} + \Delta p_{\text{třícestný ventil}} =$$

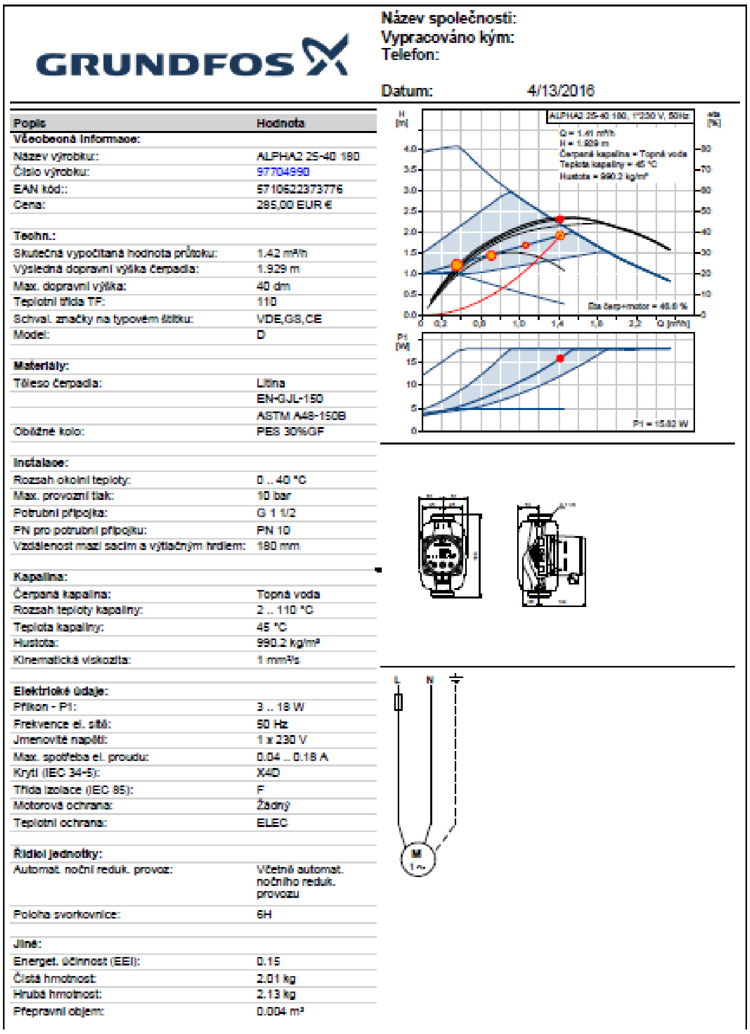
$$= 4{,}509 + 2{,}7 + 6{,}5 + 0{,}2 + 5{,}0 = 18{,}909 \quad [\text{kPa}]$$

Dopravní výška H

$$H = \frac{\Sigma\Delta p}{(\rho * g)} = \frac{18\ 909}{(1000 * 9{,}81)} = 1{,}93 \quad [\text{m}]$$

Objemový průtok V

$$V = \frac{M}{\rho} = \frac{1415}{1000} = 1{,}42 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$


GRUNDFOS

Název společnosti:
Vypracováno kým:
Telefon:

Datum: 4/13/2016

Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku:	ALPHA2 25-40 180
Číslo výrobku:	97704990
EAN kód::	5710622373776
Cena:	285,00 EUR €
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	1.42 m³/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	1.929 m
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	VDE,GS,CE
Model:	D
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN-GJL-150
	ASTM A48-150B
Oběžné kolo:	PES 30%GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Potrubní přípojka:	G 1 1/2
PN pro potrubní přípojku:	PN 10
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	180 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Topná voda
Rozsah teploty kapaliny:	2 .. 110 °C
Teplota kapaliny:	45 °C
Hustota:	990.2 kg/m³
Kinematická viskozita:	1 mm²/s
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	3 .. 18 W
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Max. spotřeba el. proudu:	0.04 .. 0.18 A
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Motorová ochrana:	Žádný
Teplotní ochrana:	ELEC
Řídicí jednotky:	
Automat. noční reduk. provoz:	Včetně automat. nočního reduk. provozu
Poloha svorkovnice:	6H
Jiné:	
Energet. účinnost (EEI):	0.15
Čistá hmotnost:	2.01 kg
Hrubá hmotnost:	2.13 kg
Přepravní objem:	0.004 m³

Obrázek 2.8.7.3 Návrh Oběhového čerpadla pro větev č. 3 (27)

2.8.8 Tepelné izolace potrubí

Tepelná izolace zajišťuje snížení tepelné ztráty potrubí a snižuje povrchovou teplotu potrubí.

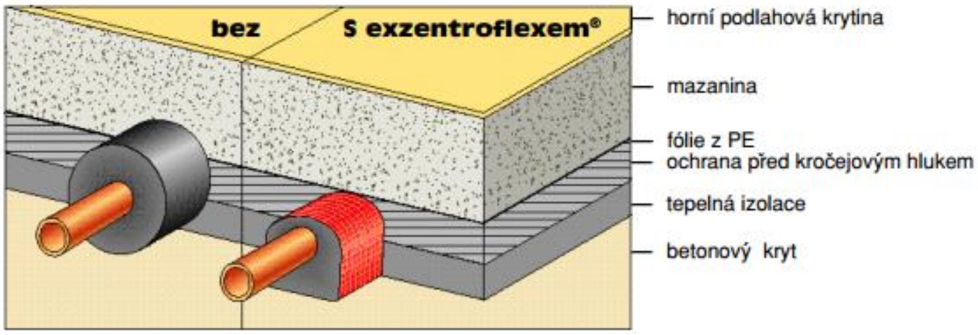
Návrh tepelné izolace jsem provedl pomocí nástroje na internetových stránkách www.tzb-info.cz. (28)

Tabulka 2.8.8 Přehled navržených tepelných izolací

DN	Izolace			
	Materiál	λ	D	U
		[W/mK]	[mm]	[W/mK]
10x1	NMC Climaflex	0,038	20	0,134
12x1	NMC Climaflex	0,038	20	0,146
15x1	NMC Climaflex	0,038	25	0,149
18x1	NMC Climaflex	0,038	25	0,163
22x1	Rockwool PIPO	0,038	25	0,178
28x1	Rockwool PIPO	0,038	40	0,161
35x1	Rockwool PIPO	0,038	40	0,163

Izolace climaflex xt

Climaflex je kruhově extrudovaná polyetylenová izolace trubek na tepelnou izolaci rozvodů vytápění. Montážní výhodou profesionálního systému je samolepící uzávěr. Součinitel tepelné vodivosti materiálu $\lambda = 0{,}038$ [W/m K] při průměrné teplotě 40 °C.



Obrázek 2.8.8 Příklad použití izolace Climaflex xt v podlahovém řešení (28)

2.8.9 Tepelná roztažnost potrubí

Potrubí se při zahřívání roztahuje a proto je nutné pamatovat na jeho tepelnou roztažnost. Tuto roztažnost lze zachytit prostorově úspornými axiálními kompenzátory. V soustavě uvažuji s kompenzátorem vlnovcovým (s kovovým měchem). Výrobce vždy udává, jaké prodloužení Δl může kompenzátor pojmout. Navíc je nutné respektovat montážní předpisy výrobce. (28)

Délková změna

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad [m^3/h]$$

Δl velikost celkového prodloužení [mm]

l_0 délka daného úseku potrubí [m]

α součinitel tepelné délkové roztažnosti, pro měď $\alpha = 0{,}0017$

Δt rozdíl teplot [K]

Maximální délkové změny hlavního horizontálního potrubí

$$\Delta l_1 = 11{,}7 \cdot 0{,}017 \cdot 35 = 7{,}0 \quad [mm]$$

$$\Delta l_2 = 12{,}2 \cdot 0{,}017 \cdot 35 = 7{,}3 \quad [mm]$$

$$\Delta l_3 = 8{,}4 \cdot 0{,}017 \cdot 35 = 5{,}0 \quad [mm]$$

Maximální délkové prodloužení k otopným tělesům

$$\Delta l_1 = 2{,}5 \cdot 0{,}017 \cdot 35 = 1{,}5 \quad [mm]$$

$$\Delta l_2 = 4{,}2 \cdot 0{,}017 \cdot 35 = 2{,}5 \quad [mm]$$

$$\Delta l_3 = 2{,}5 \cdot 0{,}017 \cdot 35 = 1{,}5 \quad [mm]$$

Prodloužení stoupacího potrubí

$$\Delta l_1 = 7{,}7 \cdot 0{,}017 \cdot 35 = 4{,}6 \quad [mm]$$

$$\Delta l_{2,3} = 10{,}7 \cdot 0{,}017 \cdot 35 = 6{,}4 \quad [mm]$$

2.9 NÁVRH ZAŘÍZENÍ TECHNICKÉ MÍSTNOSTI

2.9.1 Rozdělovač se sběračem

Objemový průtok V:

$$V = \frac{Q}{c \cdot \Delta t \cdot \rho} = \frac{42\ 366}{1{,}163 \cdot 10 \cdot 1000} = 3{,}64 \quad [m^3/h]$$

Q celkový instalovaný výkon [W]

c měrná tepelná kapacita vody [W · h/kg · K]

Δt teplotní spád [K]

ρ Hustota vody [kg/m^3]

Navrhuji kombinovaný rozdělovač se sběračem KRS. Dle technických parametrů výrobce volím dimenzi komor DN50 s maximálním průtokem 5,54 m^3/h. Oproti klasickému provedení znamená použití KRS snížení nároků na prostor místnosti, usnadnění a zkrácení montážních prací a hlavně snížení investičních nákladů.

Tabulka 2.9.1 Podklady výrobce KRS – dimenze (29)

Technické parametry

Dimenze KRS v závislosti na průtoku

DN komor sběrače a rozdělovače	Maximální průtok [m³/h]	Max. přenášený výkon při Δt=20°C (kW)
32	2,1	50
40	3,46	80
50	5,54	130
65	9,69	225
80	13,38	310
100	20	460
125	30,75	710
150	45	1035
200	85,2	1960
250	134,16	3090
300	189,73	4370

Tabulka 2.9.2 Podklady výrobce KRS – rozměrové parametry (29)

Rozměrové parametry KRS v závislosti na jeho dimenzi

DN komor sběrače a rozdělovače	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
Rozměr B [mm]	110	110	110	110	130	130	90+ 1/2DN*	95+ 1/2DN*	110+1/ 2DN*	120+ 1/2DN*	130+ 1/2DN*
Rozměr C [mm]	250	250	250	300	350	350	350	400	450	500	550

* Jedná se o DN prvního hrdla od daného kraje

2.9.2 Akumulační nádrž

Vzhledem k tomu, že topnou vodu je možné ohřát maximálně na 45 °C a naakumulovaná energie by bal v tomto případě malá, je použití nádrže jako akumulační nevýznamné a bude sloužit jako vyrovnávací.

Velikost vyrovnávací nádoby:

$$V_t = k \cdot Q_{HL} = 15 \cdot 20{,}37 = 305{,}55 \quad [l]$$

k konstanta (minimální doporučená hodnota 15-20) [-]

Q_{HL} tepelná ztráta objektu [kW]

Navrhuji akumulační nádrž Regulus PS 300 N+

PS 300 N+

PS 300 N+ s izolací

Objednací kód	
Nádrž	**14 720**
Izolace (příslušenství)	**15 127**
Použití	
Akumulace a následná distribuce tepelné energie z kotlů na pevná paliva, tepelných čerpadel případně jiných zdrojů tepla.	
Energetické parametry *(dle Nařízení Komise (EU) č. 813/2013)*	
	PS 300 N+ s izolací
Třída energetické účinnosti	**C**
Statická ztráta	**73 W**
Užitný objem	**280 l**
Technické údaje	
Celkový objem nádrže	280 l
Max. provozní teplota v nádrži	95 °C
Max. provozní tlak v nádrži	4 bar
Materiál	
Materiál nádrže	S235JR
Rozměry, klopná výška a hmotnost	
Průměr nádrže	550 mm
Průměr nádrže s izolací	750 mm
Celková výška nádrže	1405 mm
Klopná výška bez izolace	1430 mm
Max. délka / výkon topného tělesa	495 mm / 6 kW
Hmotnost prázdné nádrže	52 kg
Příslušenství	
Izolace	objednací kód 15 127
Pojistný ventil	3 bar, 1/2" M-F, součást balení
Elektrické topné těleso	typy ETT-A, C, D, F, G, H, J, L, M

Obrázek 2.9.2 Technická data akumulační nádrže Regulus (17)

2.9.3 Expanzní nádoba

Výpočet tlakové expanzní nádoby provádím dle ČSN 06 00830 Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení. Díky výpočtu zjistím navýšení objemu vody v celé soustavě během zvyšování teploty v provozu.

Expanzní objem:

$$V_e = 1{,}3 \cdot V_o \cdot n = 1{,}3 \cdot 1\,780{,}168 \cdot 0{,}0148 = 34{,}25 \quad [l]$$

1,3	bezpečnostní součinitel	
V_o	objem vody v otopné soustavě	2 zásobníky (515· 2) = 1 030 l
		otopná tělesa = 283.284 l
		potrubí = 106,884 l
		Akumulační nádrž = 280 l
n	koeficient tepelné roztažnosti = 0,0148 (interpolace pro hodnotu 45 °C)	

Předběžný objem expanzní nádoby:

$$V_{ep} = \frac{V_e(p_{hp}+100)}{(p_{hp}-p_d)} = \frac{34{,}25 \cdot (250+100)}{(250-120)} = 92{,}21 \quad [l]$$

p_{hp} předběžný nejvyšší provozní tlak pojistného ventilu [kPa]

p_d nejnižší dovolený provozní tlak [kPa]

$$p_{d,DOV} \geq 1{,}1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} \; (+\Delta p_z)$$

$$= 1{,}1 \cdot 1000 \cdot 9{,}81 \cdot 10{,}7 \cdot 10^{-3} = 115{,}5 \gg 120 \; [kPa]$$

ρ hustota vody [kg/m^3]

g tíhové zrychlení [m/s^2]

h výška vodního sloupce nad expanzní nádobou [m]

Δp_z	tlaková ztráta části soustavy mezi neutrálním a nejvyšším bodem [kPa]	
1,1	bezpečnostní součinitel pro plné zavodnění soustavy (10 %)	
10^{-3}	přepočet z [Pa] na [kPa]	

Průměr expanzní nádoby:

$$dp = 10 + 0{,}6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0{,}6 \cdot 30{,}15^{0,5} = 13{,}29 \quad [mm] \quad \text{návrh} \quad DN15$$

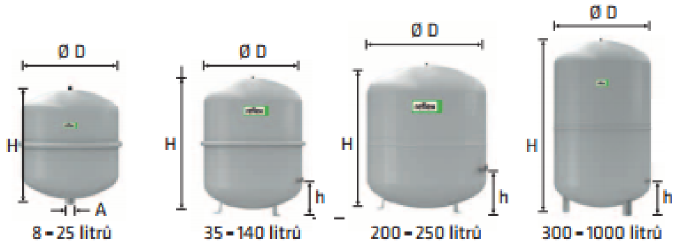
Qp	pojistný výkon -	celková tepelná ztráta = 20,37 [kW]
		Výkon pro ohřev TV = 9,78 [kW]

Navrhuji expanzní nádobu s membránou Reflex NG o objemu 100 l a přetlaku 6 barů.

Reflex NG, N

- pro uzavřené soustavy topení a chlazení
- závitové připojení
- od 35 litrů stojaté provedení
- membrána podle DIN EN 13831
- přípustná teplota 70 °C
- koncentrace glykolu max 30 %
- schválení podle směrnice pro tlaková zařízení 97/23/EG

CE



	Typ * 6 bar / 120 °C	Obj. číslo šedá	Obj. číslo bílá	Počet na paletě	Hmotnost (kg)	Ø D (mm)	H (mm)	h (mm)	A	Přetlak plynu (bar)
6 bar	NG 8/6	8230100	7230107	96	1,6	206	285	-	R ¾	1,5
	NG 12/6	8240100	7240107	72	2,4	280	275	-	R ¾	1,5
	NG 18/6	8250100	7250107	56	3,4	280	345	-	R ¾	1,5
	NG 25/6	8260100	7260107	42	4,2	280	465	-	R ¾	1,5
	NG 35/6	8270100	7270107	24	4,8	354	460	130	R ¾	1,5
	NG 50/6	8001011	7001100	24	5,7	409	493	175	R ¾	1,5
	NG 80/6	8001211	7001300	12	8,7	480	565	175	R 1	1,5
	NG 100/6	8001411	7001500	10	11,4	480	670	175	R 1	1,5
	NG 140/6	8001611	7001700	6	13,1	480	912	175	R 1	1,5
6 bar	N 200/6	8213300	-	4	22,0	634	758	205	R 1	1,5
	N 250/6	8214300	-	4	24,7	634	888	205	R 1	1,5
	N 300/6	8215300	-	-	27,0	634	1092	235	R 1	1,5
	N 400/6	8218000	-	-	47,0	740	1102	245	R 1	1,5
	N 500/6	8218300	-	-	52,0	740	1321	245	R 1	1,5
	N 600/6	8218400	-	-	66,0	740	1531	245	R 1	1,5
	N 800/6	8218500	-	-	96,0	740	1996	245	R 1	1,5
	N 1000/6	8218600	-	-	118,0	740	2406	245	R 1	1,5

V_n jmenovitý objem v litrech / tlak

Obrázek 2.9.2 Technická data expanzní nádoby Reflex (30)

3 PROJEKT

3.1 TECHNICKÁ ZPRÁVA

3.1.1 Úvod

Umístění a popis objektu

Polyfunkční dům se nachází ve města Brno. Jedná se o stávající objekt 4 podlažní objekt se sedlovou střechou a garáží v suterénu objektu.

Popis provozu objektu

Objekt je členěn do dvou částí. V přízemí se nachází provozní část s kancelářemi a kadeřnictvím. V nadzemním podlaží se nachází část pro trvalé bydlení.

3.1.2 Podklady

Výkresová dokumentace

Podkladem pro zpracování projektu zaměřeného na volbu zdroje vytápění je výkresová dokumentace stavby.

3.1.3 Tepelné ztráty a potřeba tepla

Klimatické poměry

Město - Brno

Nadmořská výška – 315 m.n.m.

Výpočtová venkovní teplota – - 12 °C

Délka otopného období – 244 dní

Vnitřní teploty

Chodba – 15 °C

Koupelna – 24 °C

Pobytové místnosti – 20 °C

Tepelně technické parametry Budovy

Veškeré konstrukce splňují požadavky na součinitele prostupu tepla U. Celková vypočtené tepelná ztráta objektu je 20,37 kW. Potřeba tepla pro vytápění je 30,15 kW.

3.1.4 Zdroj tepla

Druh primární energie

Primární zdroj energie je elektrická, která slouží pro pohon tepelného čerpadla. Dále pak slouží pro elektrokotel zabudovaný uvnitř čerpadla.

Zdroj tepla

Zdrojem tepla jsou dvě tepelná čerpadla NIBE F1245-12. Jedná se o typ země – voda (svislý kolektor). Jsou zde navrženy 4 vrty o délce 95 m. Tepelné čerpadlo bude pracovat v mono-energetickém provozu a při nižších teplotách a to s vestavěným elektrokotlem. Tepelné čerpadlo je v technické místnosti v suterénu. Plnění a vypouštění primárního okruhu bude probíhat přes plnící sestavu tepelného čerpadla a to nemrznoucí směsí.

3.1.5 Vytápění

Popis otopné soustavy

Projektová dokumentace řeší vytápění polyfunkčního domu nízkoteplotním systémem s nuceným oběhem vody. Teplotní spád soustavy je 45/35 °C. Jedná se o kombinace podlahových konvektorů umístěných v pobytových místnostech, deskových těles v chodbách a trubkových těles v koupelnách.

Čerpadla pro otopnou soustavu

V projektu jsou navržena 3 čerpadla pro každé ze tří navržených větví pro vytápění. Jedná se o následující typy (1 větev – Grundfos ALPHA2 L 25-60 130, 2 větev – Grundfos ALPHA2 L 25-50 180, 3 větev – Grundfos ALPHA2 L 25-40 180).

Otopné plochy

Ve vybraných místnostech jsou navrženy podlahové konvektory KORAFLEX FV a budou opatřeny zvukově izolačním materiálem. K otopné soustavě se připojí prostřednictvím termostatického radiátorového ventilu V-exact II a uzavíracím šroubením Regulux s vypouštěním.

V koupelnách jsou navržena tělesa typu KORALUX RONDO MAX se spodním připojením, která budou připojena armaturou HM (v těle armatury je integrován ventil a regulační uzavírací šroubení, termostatická hlavice je součástí dodávky).

Jako otopná tělesa jsou použita desková otopná tělesa KORADO RADIK PLAN ventil kompakt s integrovaným termostatickým ventilem a spodním připojením.

Otopná tělesa se umístí 150 mm nad podlahu.

Izolace potrubí

Potrubí vedené v konstrukcích podlah bude opatřeno návlekovou izolací NMC Climaflex a pro větší dimenze potrubí bude použita izolace z minerální vlny Rockwool opatřena hliníkovou folií. Tloušťka izolace byla navržena v souladu s vyhláškou č. 193/2007 Sb.

Ohřev teplé vody

Ohřev teplé vody budou zajišťovat dva zásobníkové ohřívače RBC 500 od firmy Regulus, které budou natápěné celoročně tepelným čerpadlem a potřebná teplota vody bude zajišťována přídavným elektrickým topným tělesem. Výměníky v zásobnících budou k tepelnému čerpadlu připojeny přes třícestný přepínací ventil, který při poklesu teploty vody v zásobnících pod požadovanou úroveň přepne a tepelné čerpadlo pojede v režimu ohřevu teplé vody.

Plnění topné vody

Plněné topné soustavy bude prováděno pitnou vodou z domovního vodovodu automatickou dopouštěcí sestavou, která bude umístěna v technické místnosti.

Transport zařízení

Pro transport zařízení do technické místnosti v suterénu bude možné využít vstupní otvory.

3.1.6 Požadavky na ostatní profese

Stavební práce

Při instalaci zařízení je nutná připravenost veškerých prostupů pro rozvody topné soustavy. Další důležitou součástí je koordinace s ostatními profesemi. Do stavebních prací patří i vrt tepelného čerpadla. Ten se provede příklepovým vrtáním se vzduchovým výplachem a po umístění sondy bude vyplněn termosměsí. Dále bude proveden horizontální odkop s podsypem a prostup stěnou.

Elektroinstalace

Před započetím prací na elektroinstalaci je zapotřebí odpojit přípojku od napětí. Pro zapojení zdroje tepla je nutno zřídit do technické místnosti samostatně jištěný přívod elektrické energie. Dála pak veškeré přípojky pro další zařízení dle projektové dokumentace elektroinstalace.

3.1.7 Montáž a uvedení do provozu

Tepelné čerpadlo

Veškerá instalace a uvádění tepelného čerpadla do provozu musí být prováděny osobou s odpovídající klasifikací. Musí mít oprávnění k dané činnosti. Podobný postup je také uveden v dokumentaci od firmy NIEBE.

Otopná soustava

Montážní práce musí provádět osoba s dostatečnou klasifikací a s odpovídajícím proškolením. Po dokončení montáže všech těles a potrubí bude provedena zkouška těsnosti. Doporučuje se první zkoušku provádět pomocí tlaku z kompresoru a zkoumat pokles tlaku v soustavě (tlaková zkouška). Dle ČSN 06 0310 se provádí topná zkouška a to v rozsahu 24 hodin.

Zkouškou bude prokázáno:

Správná funkce armatur

Správná funkce regulačních a měřících armatur

Dosažení technických předpokladů z projektu

Správná funkce zabezpečovacího zařízení

Rovnoměrné ohřívání otopných těles

Způsob obsluhy a ovládání

Uživatel tepelného čerpadla musí být seznámen s provozními podmínkami zařízení a zacvičen v základní obsluze tepelného čerpadla. Veškeré manuály musí mít k dispozici.

3.1.8 Ochrana zdraví a životního prostředí

Vliv na životní prostředí

Instalaci a provozem topných soustav nedojde ke zhoršení vlivu na životní prostředí.

Znečišťující látky

Tepelné čerpadlo během svého provozu nebude produkovat žádné emise a skleníkové plyny.

Hospodaření s odpady

Při instalaci zařízení i jeho provozu je nutno plnit zákon č. 185/01 Sb.

3.1.9 Bezpečnost a požární ochrana

Při instalaci a provozu zařízení nejsou kladeny zvláštní požadavky na požární ochranu. Bezpečnost při realizaci díla zajištuje zhotovitel ve smyslu zákona č. 262/2006. Veškeré práce mohou provádět pouze osoby s odpovídající klasifikací.

3.1.10 Technické normy

Projekt byl proveden dle platných norem. Veškerá montáž na stavbě musí být provedena při dodržování technických a bezpečnostních předpisů. Jednotlivé úkony mohou provádět pouze vyškolené osoby. Veškeré platné normy a předpisy jsou pro stavbu závazné.

ČSN 06 0830 – TEPELNÉ SOUSTAVY V BUDOVÁCH – ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ

ČSN 06 0310 - TEPELNÉ SOUSTAVY V BUDOVÁCH – PROJEKTOVÁNÍ A MONTÁŽ

ČSN 06 0320 - TEPELNÉ SOUSTAVY V BUDOVÁCH – PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY

4 ZÁVĚR

Úkolem bakalářské práce bylo vytvoření návrhu vytápění polyfunkčního domu. Součástí návrhu je výpočet tepelných ztrát, návrh otopných těles, dimenzování potrubí, návrh zdroje tepla a přípravy teplé vody, návrh zabezpečovacího zařízení a blokové schéma.

V teoretické části jsem se zaměřil na využití biomasy a její zpracování, princip tepelných čerpadel a dále porovnání jednotlivých režimů.

Otopnou soustavu jsem navrhl jako dvoutrubkovou, zavřenou, se spodním rozvodem a s nuceným oběhem vody. Teplotní spád topné vody jsem zvolil 45/35 °C. Potrubní rozvody jsou z mědi a po celé své délce jsou izolovány tepelnou izolací. Rozvody topné vody jsou vedeny v podlaze a stoupačky jsou vedeny volně při stěně.

Otopná tělesa jsem zvolil jako desková se spodním připojením Korado RADIK PLAN, v pobytových místnostech jsem volil podlahové konvektory KORAFLEK FV a v koupelnách pak tělesa typu KORALUX RONDO MAX.

Jako zdroj tepla jsem navrhl kaskádu tepelných čerpadel typu země – voda, který jsem doplnil o záložní zdroj – elektrokotel. Tato kaskáda čerpadel řízena pomocí regulace, která zároveň řídí celou topnou soustavu včetně provozu bivalentního zdroje.

5 POUŽITÉ ZDROJE

1. *Obnovitelné zdroje energie | Nazeleno.cz [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.nazeleno.cz/ obnovitelne-zdroje-energie.*

2. *Co je to biomasa? [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.biomasa2010.cz/co -je-to/*

3. *EkoWATT :: Informace :: Obnovitelné zdroje energie :: Energie biomasy [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z:* http://www.ekowatt.cz/cz/ informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy

4. *Princip tepelného čerpadla | Tepelná čerpadla vzduch-voda | REVEL-PEX [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.revel-pex.com/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/princip-tepelneho-cerpadla/*

5. *Tepelná čerpadla – rozdělení [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://oenergetice.cz/ technologie/ teplo/tepelna-cerpadla/*

6. *KARLÍK, Robert. Tepelné čerpadlo pro váš dům. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 109 s. ISBN 978- 80-247-2720-2.*

7. *tepelna cerpadla [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://sdeleni.idnes.cz/ prehled-vyhod-a-zaporu-tepelnych-cerpadel-podle-zdroju-tepla-p5h-/eko-sdeleni.aspx?c=A100527_081734_eko-sdeleni_ahr*

8. *CROLL kompresor [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.vytapeni.cz/ okenko/scroll-kompresor*

9. *[online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.svettepelnych cer-padel.cz/*

10. *Tepelná čerpadla Gorenje [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z:* http://www.tepelna-cerpadla-gorenje.cz/vypis_menu/10-zeme-voda-terragor.html

11. Tepelná čerpadla Gorenje *[online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z:* http://www.tepelna-cerpadla-gorenje.cz/vypis_menu/11-vzduch-voda-aerogor.html

12. *Tepelná čerpadla Gorenje [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z:* http://www.tepelna-cerpadla-gorenje.cz/vypis_menu/12-voda-voda-aquagor.html

13. *Klimatest | Klimatizace a větrání* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.klimatest.cz/topny-faktor-a-bod-bivalence-tepelneho-cerpadla/

14. *Solární sluneční energie a vše o ní - Solární-energie.info* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.solarni-energie.info/

15. *Topení, vytápění a radiátory – KORADO, a.s.* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.korado.cz/

16. ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.

17. *Regulus I Tepelná čerpadla, solární ohřev vody* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.regulus.cz/

18. Kotle na pelety – Kadria [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.kadria-kotle.cz/

19. Tepelná čerpadla a ohřívače vody NIBE [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.nibe.cz/cs

20. POČÍNKOVÁ, Marcela. *Http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/ vytapeni_soubory/BT01_C7.pdf

21. Domů | *měděnné rozvody* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: www.medennerozvody.cz

22. *IMI Hydronic Engineering* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: www.imi-hydronic.com/cs/

23. Armatury HERZ [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z:www.herz.cz

24. *IVAR CS : komponenty pro vodu, vytápění a plyn* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: www.ivarcs.cz

25. *Plynové kotle, tepelná čerpadla, ohřívače vody | ENBRA* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: www.enbra.cz

26. *Podlahové topení, kulové kohouty a mnoho dalšího od značky GIACOMINI.* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: www.giacomini.cz

27. *Oběhová čerpadla. Čerpadla pro otopné systémy | Grundfos* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://cz.grundfos.com/

28. Vyrovnani-tepelne-roztaznosti-dilatace | Měděné rozvody. *Domů | Měděné rozvody* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://medenerozvody.cz /vyrovnani-tepelne-roztaznosti-dilatace

29. *Racioterm s.r.o.* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.racioterm.cz /files/tinymce/files/Vyrobky/KRS.pdf

30. *Reflex: Expanzní systémy, zásobníkové ohřívače vody, výměníky tepla…* [online]. [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: http://www.reflexcz.cz/

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK O OZNAČENÍ

Zkratky

TI – Tepelná izolace
TČ – Tepelné čerpadlo
EN – Expanzní nádoba
TV – Teplá voda
BB – Bod bivalence
OZE – Obnovitelné zdroje energie

7 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázky

Obrázek 1.1.1	Obnovitelné zdroje energie	13
Obrázek 1.1.1.2	Možnosti využití biomasy	14
Obrázek 1.1.2.1	Princip tepelného čerpadla	15
Obrázek 1.1.2.3	Zemní plošný kolektor	16
Obrázek 1.1.2.3	Tepelné čerpadlo Vzduch-voda	17
Obrázek 1.1.2.3	Tepelné čerpadlo Voda-voda	18
Obrázek 2.1.1	Půdorys objektu	23
Obrázek 2.1.2	Pohled na jiho-východní stranu objektu	24
Obrázek 2.5.1	Křivka odběru a dodávky tepla	44
Obrázek 2.6.1	Schématické zapojení kotle KADRIA – VARIANT	45
Obrázek 2.6.2	Technická data NIBE ™ LWSE-F	46
Obrázek 2.6.3	Technická data NIBE ™ F1245	47
Obrázek 2.6.3	Schématické zapojení tepelného čerpadla typu ZEMĚ-VODA	47
Obrázek 2.7.1	Ekvitermní křivka	49
Obrázek 2.7.2	Bod bivalence	49
Obrázek 2.8.1	Svislé výpočtové schéma	52
Obrázek 2.8.1	Půdorysné schéma základního okruhu	53
Obrázek 2.8.2	Přednastavení šroubení a termostatického ventilu	55
Obrázek 2.8.4	Diagram tlakových ztrát filtru IVAR CS	58
Obrázek 2.8.5	Křivka tlakových ztrát měřiče tepla SHARKY 755	59
Obrázek 2.8.5	Technická data měřiče tepla SHARKY 755	59
Obrázek 2.8.6	Křivka tlakové ztráty zpětné klapky GIACOMINI	60
Obrázek 2.8.6	Zpětná klapka GIACOMINI	60
Obrázek 2.8.7.1	Návrh Oběhového čerpadla pro větev č. 1	62
Obrázek 2.8.7.2	Návrh Oběhového čerpadla pro větev č. 2	63
Obrázek 2.8.7.3	Návrh Oběhového čerpadla pro větev č. 3	64
Obrázek 2.8.8	Příklad použití izolace Climaflex xt v podlahovém řešení	65
Obrázek 2.9.2	Technická data akumulační nádrže Regulus	68
Obrázek 2.9.2	Technická data expanzní nádoby Reflex	70

Tabulky

Tabulka 2.2.3.2	Tepelná ztráta pro místnost č. 101 a 102	29
Tabulka 2.2.3.1	Tepelné ztráty pro 1.NP	30
Tabulka 2.2.3.2	Tepelné ztráty pro 2.NP	31
Tabulka 2.2.3.3	Tepelné ztráty pro 3.NP	32
Tabulka 2.2.3.4	Tepelné ztráty pro 4.NP	32
Tabulka 2.2.3.5	Celkové tepelné ztráty..	33
Tabulka 2.3.1	Hlavička energetického štítku (dle ČSN 73 0540-2/2011)	34
Tabulka 2.3.2	Jednotlivé parametry budovy a výsledná hodnota štítku	35
Tabulka 2.3.3	Hranice klasifikačních tříd štítku	36
Tabulka 2.4	Přehled navržených otopných těles	39
Tabulka 2.5.1	Rozdělení potřeby tepla pro teplou vodu v průběhu dne	43
Tabulka 2.7.1	Průběh teplot otopné vody v závislosti na venkovní teplotě	49
Tabulka 2.8.1	Hydraulický výpočet základního okruhu	54
Tabulka 2.8.2	Výpis jednotlivých ventilů	55
Tabulka 2.8.8	Přehled navržených tepelných izolací	65
Tabulka 2.9.1	Podklady výrobce KRS – dimenze	67
Tabulka 2.9.2	Podklady výrobce KRS – rozměrové parametry	67